

AUS DEM LEHRSTUHL  
FÜR MUND-, KIEFER- UND GESICHTSCHIRURGIE

DIREKTOR: PROF. DR. DR. T. E. REICHERT

DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DES AUTOGENEN  
KONDYLUSERSATZES: ÜBERSICHT ZU DEN UNTERSCHIEDLICHEN  
METHODEN SOWIE IHRER VOR- UND NACHTEILE**

Inaugural – Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Zahnmedizin

der Medizinischen Fakultät

der Universität Regensburg

vorgelegt von

Alexander Beck

2009



AUS DEM LEHRSTUHL  
FÜR MUND-, KIEFER- UND GESICHTSCHIRURGIE

DIREKTOR: PROF. DR. DR. T. E. REICHERT

DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DES AUTOGENEN  
KONDYLUSERSATZES: ÜBERSICHT ZU DEN UNTERSCHIEDLICHEN  
METHODEN SOWIE IHRER VOR- UND NACHTEILE**

Inaugural – Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Zahnmedizin

der Medizinischen Fakultät

der Universität Regensburg

vorgelegt von

Alexander Beck

2009

Dekan:

Prof. Dr. Bernhard Weber

1. Berichterstatter:

Priv.-Doz. Dr. Dr. Oliver Driemel

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. Dr. Peter Proff

Tag der mündlichen Prüfung:

07.12.2009 bei 1. Berichterstatter

09.12.2009 bei 2. Berichterstatter





Transplantation eines Beines durch die Heiligen Cosmas und Damian aus Ditzingen, Kreis Ludwigsburg, vermutlich entstanden in Stuttgart, Anfang 16. Jahrhundert (dem Meister des Stettener und Schnaiter Altarretabels zugeschrieben), Württembergisches Landesmuseum Stuttgart.

**Meinen Eltern,  
für die fortwährende Unterstützung und die Möglichkeit zur Realisierung  
meiner beruflichen Ausbildung,  
meinen Schwestern Birgit und Ina,  
sowie Susanne  
in Liebe und Dankbarkeit gewidmet.**

## Inhalt

1 Einleitung .....	1
2 Fragestellung .....	8
3 Material und Methoden .....	9
4 Ergebnisse und kritische Betrachtung (Diskussion) .....	10
4.1 Freie Transplantate.....	10
4.1.1 Freies costochondrales Transplantat .....	10
4.1.2 Freies Transplantat vom Sternoclavikulargelenk.....	27
4.1.3 Freies Transplantat vom Beckenkamm.....	30
4.1.4 Freies Transplantat des Os metatarsale .....	34
4.2 Gestielte Transplantate.....	38
4.2.1 Gestieltes costochondrales Transplantat .....	38
4.2.2 Gestieltes Transplantat vom Sternoclavikulargelenk.....	40
4.3 Mikrovaskulär reanastomosierte Transplantate .....	42
4.3.1 Mikrovaskulär reanastomosiertes Fibula-Transplantat .....	42
4.2.3 Mikrovaskulär reanastomosiertes Metatarsal-Transplantat .....	54
5 Schlussfolgerungen .....	63
6 Zusammenfassung.....	65
7 Literaturverzeichnis.....	67

**Abkürzungsverzeichnis**

Ø	durchschnittlich
a	Jahre
bds.	beidseitig
KG	Kiefergelenk
max. SKD	maximale Schneidekantendistanz
MLV	Mandibuläre Mittellinienverschiebung
MÖ	Mundöffnung
n. g.	nicht genannt
p. a.	posterior anterior
Pat.	Patient
postop.	postoperativ
präop.	präoperativ
u.	und
UK	Unterkiefer
Z. n.	Zustand nach

## 1 Einleitung

Die Wiederherstellung des Kondylus im Rahmen der Korrektur angeborener Anomalien sowie nach exartikulierender Unterkieferteilresektion [[Daniels 1987](#), [Quinn 1997](#), [Tompach et al. 2000](#)] ist ein relativ seltener Eingriff, welcher die für die Artikulation, die Mastikation, den Schluckakt und die Ästhetik komplizierte, essentielle Dynamik des Unterkiefers berücksichtigen muss [[Driemel et al. 2009a](#), [Farmand 1988](#), [Shenag and Klebuc 1994](#)] und daher hohe Anforderungen an die rekonstruktive Chirurgie stellt [[Klotch et al. 1998](#), [Landa et al. 2003](#)].

Eine alleinige Kondylusresektion ohne nachfolgende Rekonstruktion zieht, besonders aus Patientensicht, eine unbefriedigende Asymmetrie des Untergesichtes (Abbildung 1.a) und eine eingeschränkte Kauleistung nach sich [[Meier et al. 2007](#)]. Zudem klagen derart therapierte Patienten sowohl über einen Verlust der habituellen Okklusionsverhältnisse [[Schmoker et al. 1981](#)] (Abbildungen 1.b und 1.c) als auch über eine erschwerte subjektive Zuordnung des Unterkiefers zum Oberkiefer [[Kryshtalskyj 1990](#)]. Als Zeichen degenerativer Veränderungen imponieren röntgenologisch nach einseitiger Resektion Sklerosierungen im Fossa-Kondylus-Bereich des noch erhaltenen Kiefergelenkes [[Meier et al. 2007](#)]. Desweiteren werden myoarthropathische Veränderungen im kontralateralen Gelenk beobachtet [[Pape und Koberg 1968](#), [Schmoker et al. 1981](#)], welche eine Deviation des Unterkiefers zur resezierten Seite und folglich unphysiologische Belastungen im nicht resezierten Kiefergelenk zur Folge haben [[Schmoker et al. 1981](#)].



**Abbildung 1:** 68-jähriger Patient mit Zustand nach linksseitiger Hemimandibulektomie einschließlich Exartikulation aufgrund eines oralen Plattenepithelkarzinoms; Teilunterkiefer und Kiefergelenkkopf blieben ohne Ersatz:

**a** Symmetrieverlust des Untergesichtes in der en face – Aufnahme

**b** Nonocclusion in der habituellen Schlussbisslage

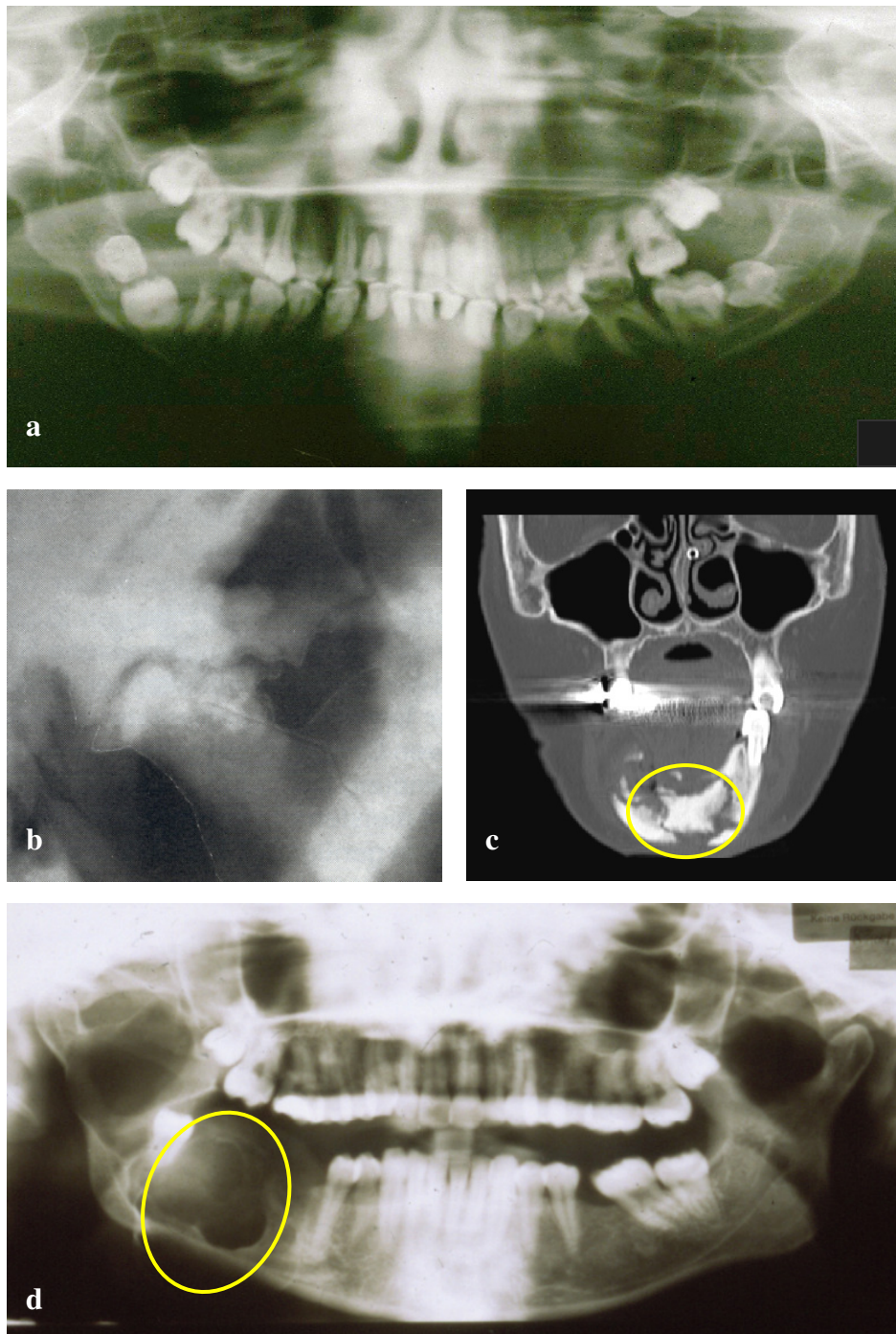
**c** postoperatives Orthopantomogramm: Seitabweichung des Restunterkiefers zur resezierten Seite; myoarthropathische Veränderungen im verbliebenen Kiefergelenk

Eine autogene oder alloplastische Kiefergelenkrekonstruktion und die dadurch wieder gewonnene knöcherne Abstützung kann die eben genannten möglichen pathologischen Veränderungen verringern oder sogar vermeiden [[Meier et al.](#)

2007]. Somit zielt, unabhängig von der spezifischen autogenen oder alloplastischen Operationsmethode, die chirurgische Wiederherstellung des Kiefergelenkes primär darauf ab, eine physiologische Form und Funktion des Gelenkes zu regenerieren. Jegliche Schmerzlinderung stellt nur eine positive Begleiterscheinung dar [Mercuri 2000].

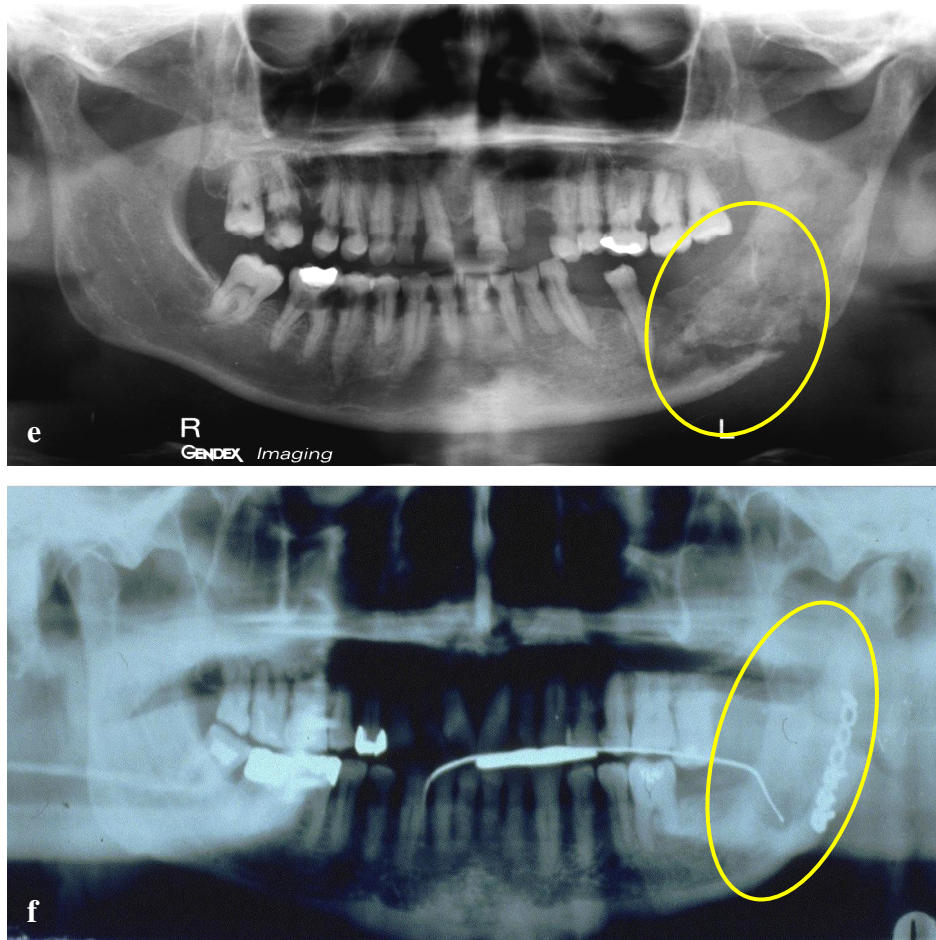
Kiefergelenkrekonstruktionen sind generell bei folgenden Krankheitsbildern indiziert (Abbildung 2): Schwere, therapieresistente, entzündliche und degenerative Gelenkerkrankungen (z.B. Osteoarthritis, rheumatische Arthritis oder Arthritis psoriatica) [MacIntosh 1985, McBride 1994, Mercuri 2006, Quinn 1998, Reich 1995, Tompach et al. 2000], Ankylose oder Reankylose mit schwerer anatomischer Beeinträchtigung [MacIntosh 1985, McBride 1994, Mercuri 2006, Quinn 1998, Reich 1995, Tompach et al. 2000] (Abbildungen 2.a und 2.b), fehlgeschlagene autogene Transplantate bei mehrfach voroperierten Patienten [McBride 1994, Mercuri 1998, Kashi et al. 2006], misslungene alloplastische Rekonstruktion, welche das Gelenk anatomisch stark entstellt hat [MacIntosh 1985, McBride 1994, Mercuri 2006, Tompach et al. 2000], neoplastische Veränderungen, welche eine weiträumige Resektion erfordern [MacIntosh 1985, Mercuri 2006, Quinn 1998, Reich 1995] (Abbildung 2.d), Nekrosen nach Radiatio oder Bisphosphonatgabe (Abbildungen 2.e und 2.c), avaskuläre Nekrose [Quinn 1998, Westermarck et al. 2006] (Abbildung 2.f), nicht reponierbare, komplizierte Frakturen des Kondylus [MacIntosh 1985, McBride 1994, Mercuri 2006, Quinn 1998, Reich 1995], sowie bestimmte angeborene Fehlbildungen (z.B. hemifaziale Mikrosomie) [MacIntosh 1985, Mercuri 2006, Quinn 1998, Reich 1995, Tompach et al. 2000].





**Abbildung 2:** Fortsetzung und Abbildungslegende siehe nächste Seite





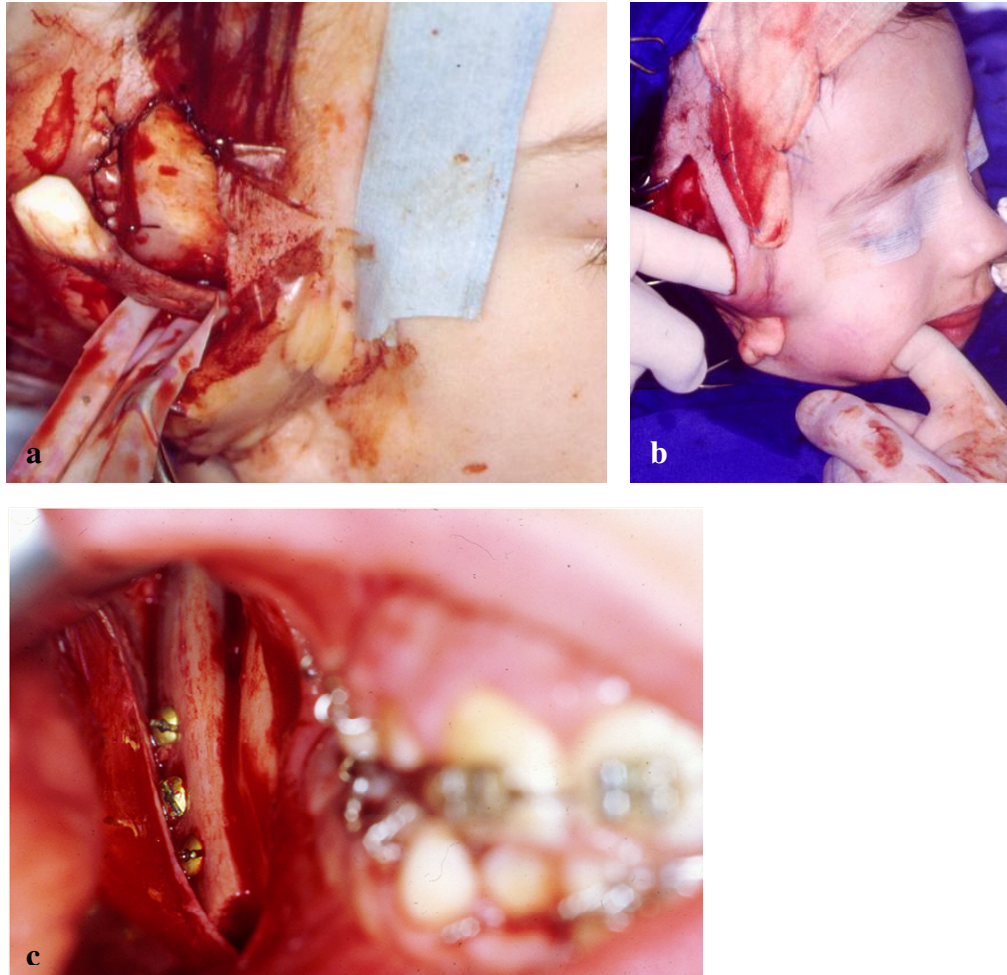
**Abbildung 2:** Übersicht verschiedener Indikationen zur autogenen Rekonstruktion des Kondylus bei folgenden Krankheitsbildern:

- a** bilaterale knöcherne Ankylose
- b** bindegewebige Ankylose nach Gelenkfortsatzfraktur
- c** Bisphosphonat-assoziierte Osteonekrose im Kieferbereich
- d** keratozystischer odontogener Tumor
- e** Osteoradionekrose linker Kieferwinkel, Ramus ascendens einschließlich des Kondylus
- f** Collum-Nekrose nach Gelenkfortsatzbasisfraktur

Im Rahmen der autogenen Kondylusrekonstruktion werden die biologische Kompatibilität und die funktionelle Adaptionsfähigkeit des Transplantates als Vorteil hervorgehoben [[MacIntosh 1994](#)]. Bei Kindern wird dem autogenen Neokondylus eine Wachstumsfunktion zugesprochen, welche eine nach kaudo-ventral gerichtete Größenzunahme der Mandibula ermöglicht und somit die Entwicklung des unteren Gesichtsdrittels positiv beeinflusst [[Müßig et al. 1994](#), [Stuteville and Lanfranchi 1955](#)]. Demgegenüber erweisen sich die Entnahmemorbidität, die Variabilität des biologischen Verhaltens (nicht vorhersagbare Resorption, exzessives Wachstum) und die Möglichkeit, dass etwaige Reankylosen und Tumorrezidive auch das Transplantat betreffen können, als nachteilig gegenüber einem alloplastischen Ersatz [[Mercuri 2006](#)].

Die Rekonstruktion des Kondylus kann von einem präaurikulären und/oder intraoralen Zugang durchgeführt werden, wobei letzterer aufgrund der Vermeidung einer sichtbaren, mit wachsenden Narbe, insbesondere bei Kindern, empfohlen wird [[Farmand 1988](#)] (Abbildung 3). Eine postoperative mandibulo-maxilläre Fixation (MMF, IMF) kann nach Resektion einer Ankylose das Risiko einer Reankylosierung erhöhen [[Matsuura et al. 2001](#)]. Bei stabiler Fixierung des Transplantates am Unterkiefer mittels Miniplattenosteosynthese kann auf eine MMF verzichtet werden [[Guyot 2004](#), [Medra 2005](#), [Ordung 1994](#)]. Eine Befestigung des Neokondylus am Arcus zygomaticus, an der Temporalisfaszie oder am gegebenenfalls erhaltenen Discus articularis mit nicht-resorbierbarem Nahtmaterial wirkt dem Absinken des gleichseitigen Unterkiefers entgegen [[Iconomou et al. 1999](#), [Munro 1980](#), [Wax et al. 2000](#)]. Um eine möglichst gute Gelenkfunktion und eine physiologische Kaukraft erzielen zu können, sollte der Diskus artikularis möglichst erhalten werden [[Driemel et al. 2009b](#), [Iconomou et al. 1999](#), [MacIntosh 1994](#), [Manchester 1965](#)], die Kondylusrekonstruktion

unmittelbar nach der Resektion erfolgen [Shenaq and Klebuc 1994] und die Masseterschlinge wieder readaptiert werden [Kummoona 1986].



**Abbildung 3:** Kombinierte präaurikulärer und intraoraler Zugang zur Rekonstruktion des Kondylus (mit freundlicher Genehmigung von Herrn Prof. Dr. Dr. Mostafa Farmand, MKG-Chirurgie, Klinikum Nürnberg-Süd):

**a** präaurikulärer Zugang, Insertion eines costochondralen Transplantats

**b** Illustration des kombiniert präaurikulären und enoralen Zugangs

**c** Fixation eines Transplantates von enoral mit Stellschrauben

## **2 Fragestellung**

Die vorliegende Übersichtsarbeit soll

1. die unterschiedlichen Methoden des autogenen Kondylusersatzes aufzeichnen
2. die notwendige Differenzierung zwischen freien-, gestielten und mikrovaskulär reanastomosierten Transplantaten betonen und
3. die Vor- und Nachteile der jeweiligen freien, gestielten und mikrovaskulär reanastomosierten Transplantate dokumentieren.

### 3 Material und Methoden

Die Literaturbeschaffung erfolgte mittels einer systematischen Recherche der in der Datenbank Medline gelisteten Titel. Als Suchbegriffe dienten „temporomandibular joint (TMJ) reconstruction/ replacement“, „autogenous/autologous bone graft/transplant“ sowie die Kombinationen „TMJ and costochondral“, „TMJ and sternoclavicular“, „TMJ and tibia“, „TMJ and iliac crest“, „TMJ and scapula“, „TMJ and fibula“ und „TMJ and metatarsal“. Die gefundenen Treffer wurden dann auf ihre inhaltliche Relevanz gesichtet. Es wurden alle bis zum 31.12.2008 eingegangenen Quellen in englischer und deutscher Sprache berücksichtigt. Weiteres Quellenmaterial erschloss sich durch Verweise in der so gefundenen Literatur und wurde ergänzend hinzugezogen.

Insgesamt konnten 116 Zeitschriftenartikel und 16 Buchbeiträge berücksichtigt werden. Dabei handelte es sich vornehmlich um allgemeine Beschreibungen (43), Tierstudien (19), Fallberichte (28) und retrospektive Studien (38). Prospektive Studien (4) lagen nur sehr vereinzelt vor und beinhalteten geringe Fallzahlen.

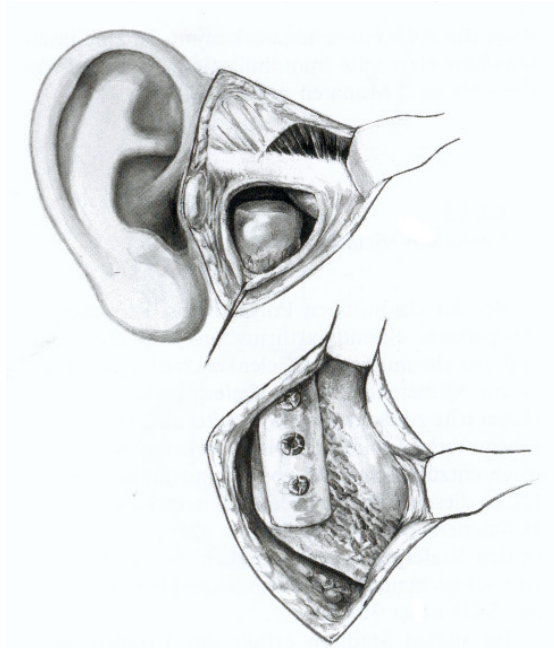
Aufgrund der geringen Fallzahlen, des inhomogenen Patientengutes und der uneinheitlichen, mitunter fehlenden Angaben der Erfolgskriterien konnte ausschließlich eine deskriptive Auswertung vorgenommen werden. Das freie Tibia-Transplantat, das freie und mikrovaskulär reanastomosierte Skapula-Transplantat sowie das mikrovaskulär reanastomosierte Beckenkamm-Transplantat haben sich zwar klinisch als Verfahren zur Kondylusrekonstruktion etabliert, werden aber nicht explizit als Methoden des Kiefergelenkersatzes in der Medline gelisteten Literatur beschrieben und werden im Folgenden nicht weiter thematisiert.

## 4 Ergebnisse und kritische Betrachtung (Diskussion)

### 4.1 Freie Transplantate

#### 4.1.1 Freies costochondrales Transplantat

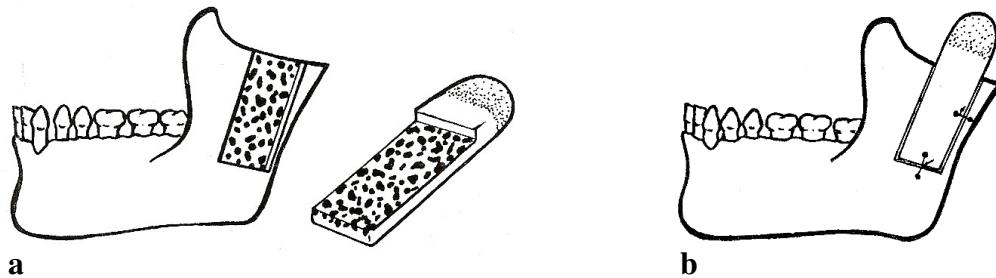
Das freie Rippentransplantat von der Knochen-Knorpelgrenze zeigt eine dem Kondylus ähnliche makroskopische und mikroskopische Anatomie [Klotch et al. 1998, Ko et al. 1999, Lindqvist et al. 1988, Shenaq and Klebuc 1994]. Es wurde erstmals im Jahre 1920 von Gillies zur Rekonstruktion des Kondylus beschrieben [Gillies 1920]. Die vierte bis siebte Rippe der kontralateralen Seite bietet sich aufgrund ihrer Form als Spenderareal an [Crawley et al. 1993, MacIntosh 1990, Nelson and Buttrum 1989, Obeid et al. 1988] (Abbildung 8.c). Die costochondrale Verbindung kann durch Erhalt eines Periostbandes stabilisiert werden und erlaubt so eine sichere Modellierung des Transplantates [Obeid et al. 1988]. Eine Überdimensionierung des Transplantates um 2-3mm kann die mit der Einheilung und dem Bone-Remodelling unter Umständen einhergehende Schrumpfung kompensieren [Troulis et al. 2004, Troulis et al. 2008]. Die Platzierung des Neokondylus in einem 1-1,5mm großen Abstand von der Fossa articularis verbessert die postoperative Funktion [Reich 1995] (Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Rekonstruktion des Kondylus mit einem Rippentransplantat, dieses wird von submandibulär so eingebracht, dass zwischen der Knorpeloberfläche und der Fossa ein 1-1,5mm breiter Spalt bleibt (veröffentlicht in: Reich R (1995) Kiefergelenkchirurgie. In: Kirschner M, Heberer G, Pichlmayr R, Hausamen JE, Machtens E, Reuther J (Hrsg) Kirschnersche allgemeine und spezielle Operationslehre, Bd II, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Copyright by Springer, Berlin, S. 199)



Die Präparation einer dekortizierten, passgenauen und großflächigen Anlagerungsfläche des Transplantates am Unterkieferstumpf beschleunigt die knöcherne Einheilung und erhöht die Stabilität [Lindqvist et al. 1986, Medra 2005, Munro 1980, Politis et al. 1987, Schüle 1977] (Abbildung 5).

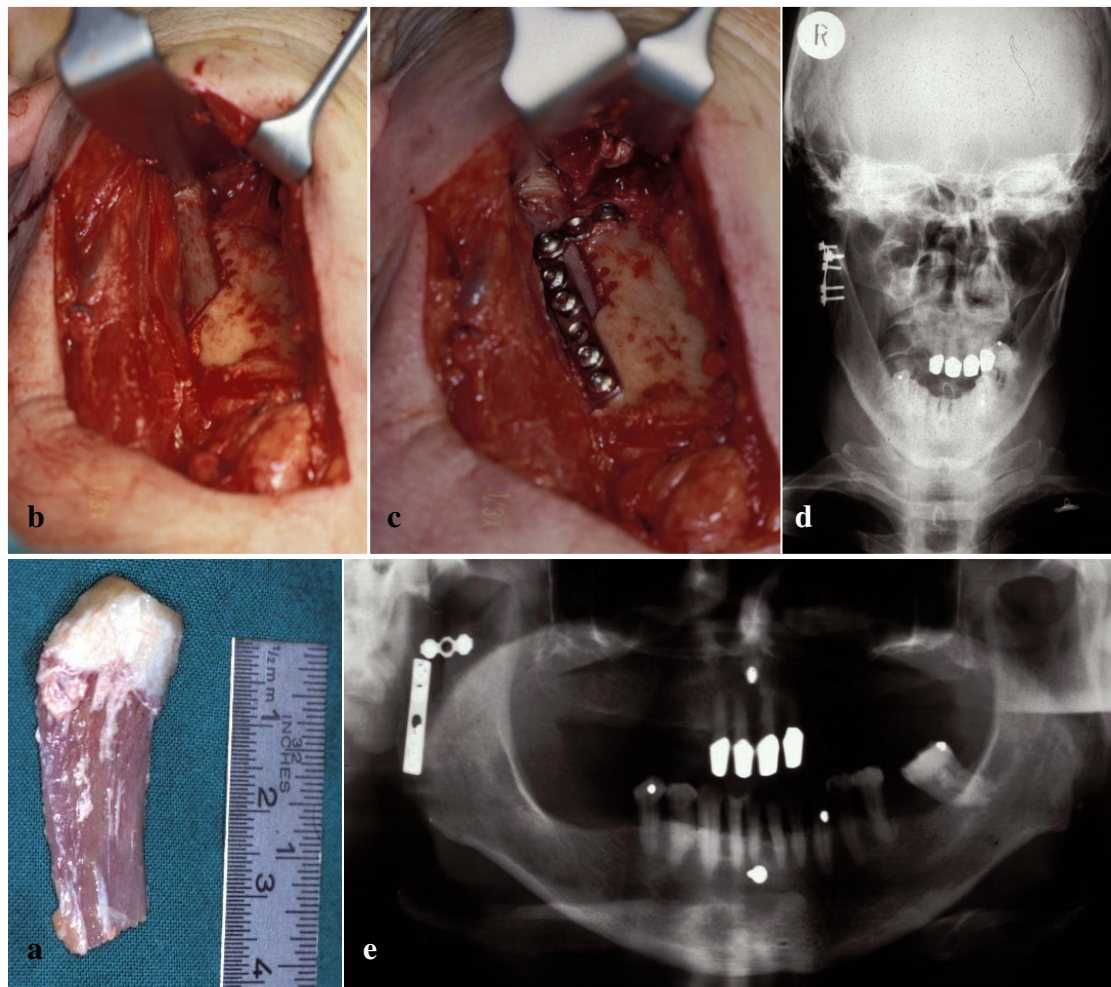


**Abbildung 5:** Freies costochondrales Transplantat (Quelle: Lindqvist C, Pihakari A, Tasanen A, Hampf G (1986) Autogenous costochondral grafts in temporomandibular joint arthroplasty. A survey of 66 arthroplasties in 60 patients. J Maxillofac Surg 14: 143-149, Copyright by Thieme):

**a** Präparation des Ramus ascendens zur Anlagerung des Transplantats

**b** Fixierung mittels eines 0,5mm starken Stahldrahtes





**Abbildung 6:** Freies costochondrales Transplantat:

**a** Transplantat

**b** positioniertes Transplantat nach Gestaltung einer inlayartigen Anlagerungsfläche am Ramus ascendens

**c** Fixation des Transplantates mittels Miniosteosyntheseplatten

**d** postoperative Schädel p.a.-Aufnahme nach Clementschitsch

**e** postoperatives Orthopantomogramm

Um nach der Transplantatentnahme eine ausreichende Stabilität des Thorax zu gewährleisten, wird für beidseitige Kondylusrekonstruktionen die Entnahme von zwei nicht benachbarten Rippen empfohlen [Caccamese et al. 2005]. Bei Kindern ermöglicht die subperiostale Knochenentnahme eine spontane Regeneration des Entnahmegebietes [Farmand et al. 1994, Siavosh and Ali 2007]. Im Kindes- und Jugendalter kann der Neokondylus weiter wachsen und sich an die artikulationsbedingten Belastungen adaptieren [Figueroa et al. 1984, Ko et al. 1999, Medra 2005, Politis et al. 1987, Shenaq and Klebuc 1994]. Je früher die Transplantation erfolgt, desto besser kann das Wachstumspotential genutzt werden [MacIntosh and Henny 1977, Reich and Berten 1991a], welches durch eine funktionskieferorthopädische Therapie zusätzlich forciert werden kann [Müßig et al. 1994, Reich and Berten 1991a]. Auch der Anteil des Knorpels am Transplantat scheint das Wachstum des Neokondylus zu beeinflussen [Baek and Song 2006, El Sayed 2008, Kaban and Perrott 1992, Peltomaki et al. 2002, Svensson and Adell 1998, Troulis et al. 2008]. Jedoch gilt das konkrete Ausmaß des Wachstums insgesamt als nicht vorhersagbar [MacIntosh 1985, MacIntosh 1992, Munro et al. 1986, Perrot et al. 1994, Schneider and Zide 1984, Siavosh and Ali 2007, Ware and Brown 1981]. In 20-75% der Fälle wird von einem überschießenden Wachstum berichtet [Guyuron and Lasa 1992, Lindqvist et al. 1988, MacIntosh and Henny 1977, Obeid et al. 1988, Reich 1991b, Samman et al. 1995, Tasanen and Leikomaa 1977, Ware and Brown 1981] (Abbildung 7).



**Abbildung 7:** Überschießendes Wachstum eines freien costochondralen Transplantates bei einer 15jährigen Patientin 4,5 Jahre nach Transplantation (Quelle: Baek RM, Song YT (2006) Overgrowth of a costochondral graft in reconstruction of the temporomandibular joint. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 40: 179-185, Copyright by Taylor and Francis):

**a** in der en face – Aufnahme

**b** und von submental betrachtet, deutliche Unterkieferdeviation nach rechts

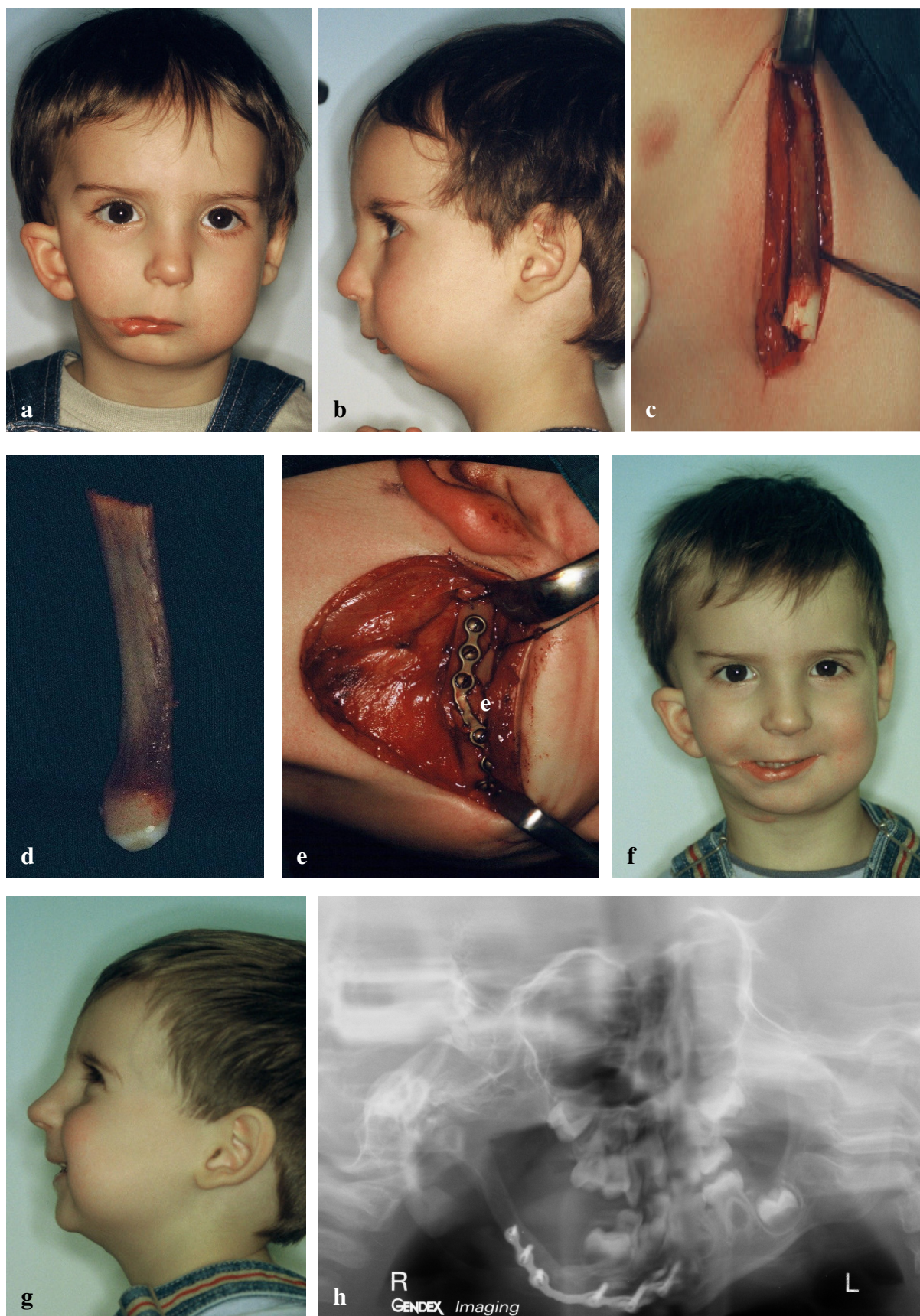
**c** intraoral mandibuläre Mittellinienverschiebung nach rechts um 13mm

**d** maximale SKD ca. 13mm

Pneumothorax (1,6-9%), Brustwandinstabilität, mangelnde Ausbildung oder Deformierung der Brust bei Entnahme im Kindesalter und Infektion im Spendergebiet (14,6%) sowie chronische Schmerzen (6,8%) sind als Entnahmemorbiditäten bekannt [James and Irvine 1983, Laurie et al. 1984, Lindqvist et al. 1986, Skouteris and Sotereanos 1989]. Darüber hinaus wird über Reankylosierung (9-37,5%) und postoperative Infektion im Empfängerareal (20-33%), insbesondere nach entzündlichen und angeborenen Gelenkerkrankungen sowie Ankylosen berichtet [Guyuron and Lasa 1992, Medra 2005, Obeid et al. 1988, Pensler et al. 1993, Saeed et al. 2002, Ware and Brown 1981, Wolford et al. 1994]. Infektionen oder Überbelastungen können zu Frakturen (20%) und Resorptionen (25%) des Transplantates führen [Medra 2005, Obeid et al. 1988].

Nach unilateraler Kondylusrekonstruktion ist mit einem freien costochondralen Transplantat eine annähernd regelrechte Mundöffnung sowohl bei Kindern (20-39mm) [Ko et al. 1999, Kutenberger et al. 1992, Obeid et al. 1988, Pensler et al. 1993, Posnick and Goldstein 1993, Reich 1991b, Tasanen and Leikomaa 1977, Ware and Brown 1981] als auch bei Erwachsenen (30-41mm) [Lindqvist et al. 1986, Obeid et al. 1988, Ordnung 1994, Politis et al. 1987, Svensson and Adell 1998] zu erreichen, während sie nach beidseitigem Ersatz mit durchschnittlich 18mm offensichtlich deutlich niedriger liegt [Posnick and Goldstein 1993] (Tabelle 1).





**Abbildung 8:** Abbildungslegende siehe nächste Seite

**Abbildung 8:** Rekonstruktion der rechten Hemimandibula bei einem Patienten mit Goldenhar-Syndrom, mit einem freien costochondralen Transplantat,

präoperativ:

**a** en face – Aufnahme

**b** Profil Aufnahme

intraoperativ:

**c** Entnahme der Rippe von der kontralateralen Seite

**d** Rippentransplantat mit modelliertem Knorpelanteil zur Rekonstruktion des Gelenkkopfs

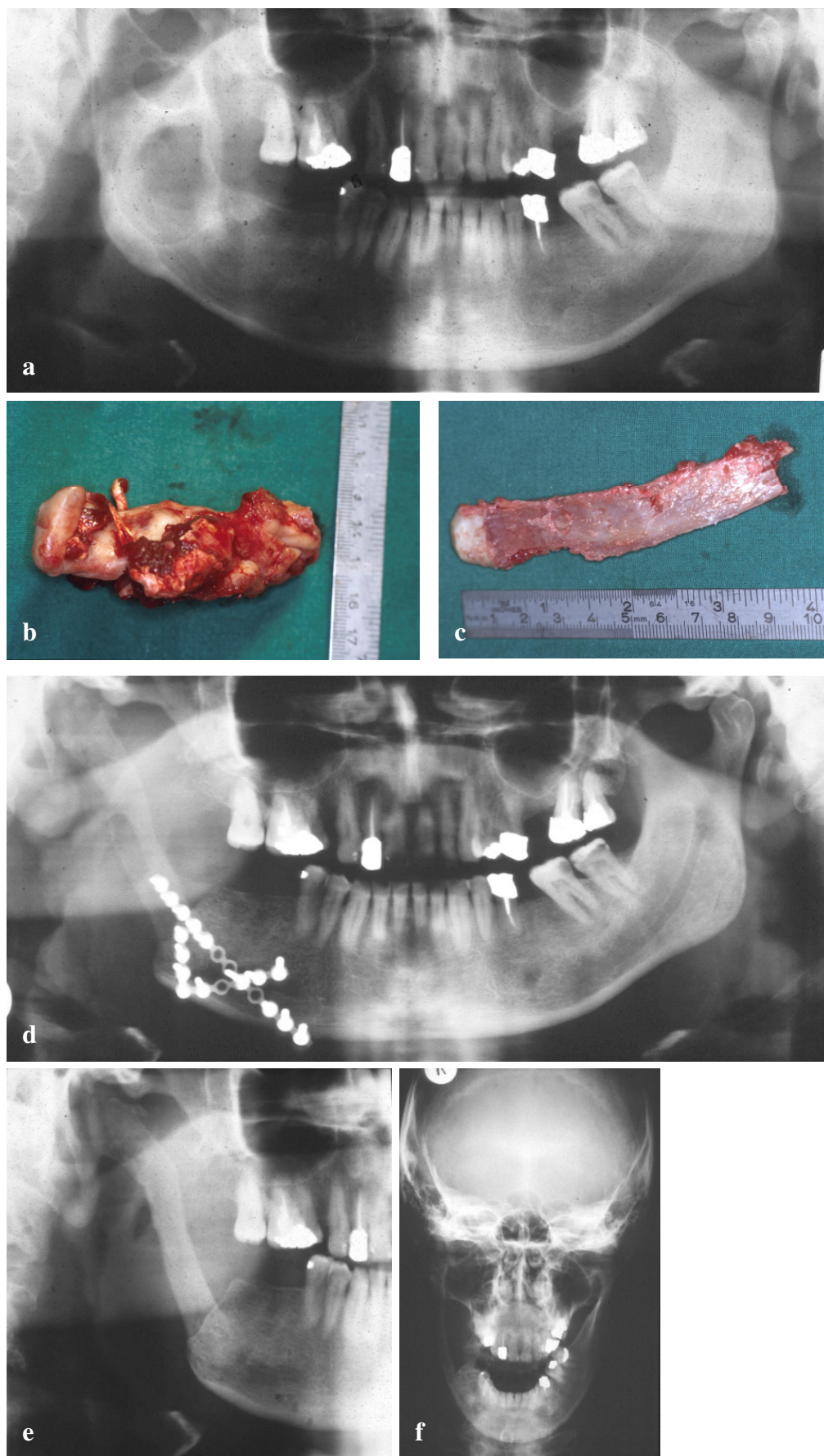
**e** Operationssitus, Rippe mit Miniplatte fixiert

5 Monate postoperativ:

**f** en face – Aufnahme

**g** Profil Aufnahme

**h** Orthopantomogramm



**Abbildung 9:** Abbildungslegende siehe nächste Seite



**Abbildung 9:** Rekonstruktion des rechten aufsteigenden Astes einschließlich des Kondylus bei einem Patienten mit einem keratozystischen odontogenen Tumor, mit einem freien costochondralen Transplantat:

**a** präoperatives OPG

**b** Resektat

**c** Transplantat

**d** postoperatives OPG: mittels Miniplatten fixiertes Transplantat

**e** OPG nach Entfernung des Osteosynthesematerials

**f** postoperative Schädel p.a.-Aufnahme nach Clementschitsch



**Tabelle 1: Literaturübersicht zu Indikationen, Ergebnissen, Komplikationen und Entnahmemorbiditäten des freien costochondralen Transplantates zum Kondylusersatz**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahmemorbidität
Ware and Brown 1981 [125]	10	Ø 9,4 (1,5-14)	Ankylose	4	Ø max. SKD postop. 2,7cm	33% postop. Infektion, 40% überschießendes Wachstum, 1% kein Wachstum	n. g.
Lindqvist et al. 1988 [59]	16	Ø 31 (17-45)	Ankylose (n=6), Arthritis (n=4), Kondylusdysplasie (n=2), Osteomyelitis (n=2), Pseudoarthrose (n=1), Tumor (n=1)	10	Ø max. SKD präop. 3,2cm, postop. 3,9cm, bei 37,5% Mineralisation des knorpeligen Neokondylus	50% MLV von Ø 3,5mm bei max. MÖ, 12,5% mit leichter Parästhesie des N. mentalis	n. g.

**Tabelle 1 (Fortsetzung 1)**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahme-morbidität
Politis et al. 1987 [88]	7	Ø 24,4 (12-38)	Aneurysmatische Knochenzyste (n=1), Ankylose (n=6)	5	Ø max. SKD postop. 2-3cm	100% leichte MLV zur betroffenen Seite bei MÖ, 57% Parese Ramus frontalis N. facialis	n. g.
Obeid et al. 1988 [81]	20	Ø n. g. (5-59)	angeborene Deformierungen (n=2), Ankylose (n=6), Arthritis (n=8), Trauma (n=4)	5	82% mit Ø max. SKD postop. 3cm, Laterotrusion bei 45% möglich	20% postop. Infektion, 15% Fraktur an der Transplantat- UK Verbindung, 5% überschießendes Wachstum	n. g.

**Tabelle 1 (Fortsetzung 2)**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahmemorbidität
Reich und Berten 1991 [94]	3	Ø 11,6 (10-14)	Ankylose (n=2), Hypoplasie (n=1)	1,8	33% Asymmetrie zur Gegenseite, 33% Gesichtssymmetrie unverändert, 33% Gesichtssymmetrie verbessert, 66% MÖ verbessert, 33% MÖ unverändert	bei einem Fall (Ankylose) überschießendes Wachstum im ersten postop. Jahr	n. g.
Guyuron and Lasa 1992 [32]	8	Ø 5,6 (4-12)	Ankylose (n=2), hemifaciale Mikrosomie (n=6)	6,7	100% mit annähernd normaler Funktion kurze Zeit postop., langfristig aber inadequate Funktion	50% überschießendes Wachstum, 12% suboptimales Wachstum, 38% kein Wachstum, 37,5% Reankylosierung	n. g.

**Tabelle 1 (Fortsetzung 3)**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahme-morbidität
Pensler et al. 1993 [86]	8	Ø 10,4 (9-12)	Ankylose (n=8)	1,7	Ø max. SKD präop. 0,3cm, postop. 2,7cm	25% infektionsbedingter Transplantatverlust, 37,5%  Reankylose	n. g.
Posnick and Goldstein 1993 [89]	9	Ø 7,7 (4-15)	traumatische oder kongenitale Ankylose (n=9)	2	Ø max. SKD bei unilateralen Fällen präop. 0,5cm, postop. 2,5cm, Ø max. SKD in bilateralen Fällen präop. 0,6cm, postop. 1,8cm	1 Pat. mit unilateraler Gehörgangslazeration während der Operation	2 Pneumo- thoraces

**Tabelle 1 (Fortsetzung 4)**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahme-morbidität
Ross 1999 [99]	48	Ø n. g. (3-20+x)	Ankylose (n=7), Goldenhar Syndrom (n=6), hemifaciale Mikrosomie (n=30), pathologische KG Veränderungen (n=5)	4,5	65% erfolgreich	35% Transplantatverlust oder Reankylose	n. g.
Saeed et al. 2002 [100]	49	Ø 38 (16-67)	angeborene Erkrankungen (n=2), Ankylose (n=35), Erosion (n=3), degenerative Gelenkerkrankung (n=5), rheumatoide Arthritis (n=2), Sonstige (n=2)	4	Ø max. SKD präop. 2,3cm, postop. 2,5cm	2% Infektion, 2% Malokklusion, 2% Transplantatfraktur, 4% neurologische Komplikationen, 6% überschießendes Wachstum, 37% Ankylose	n. g.

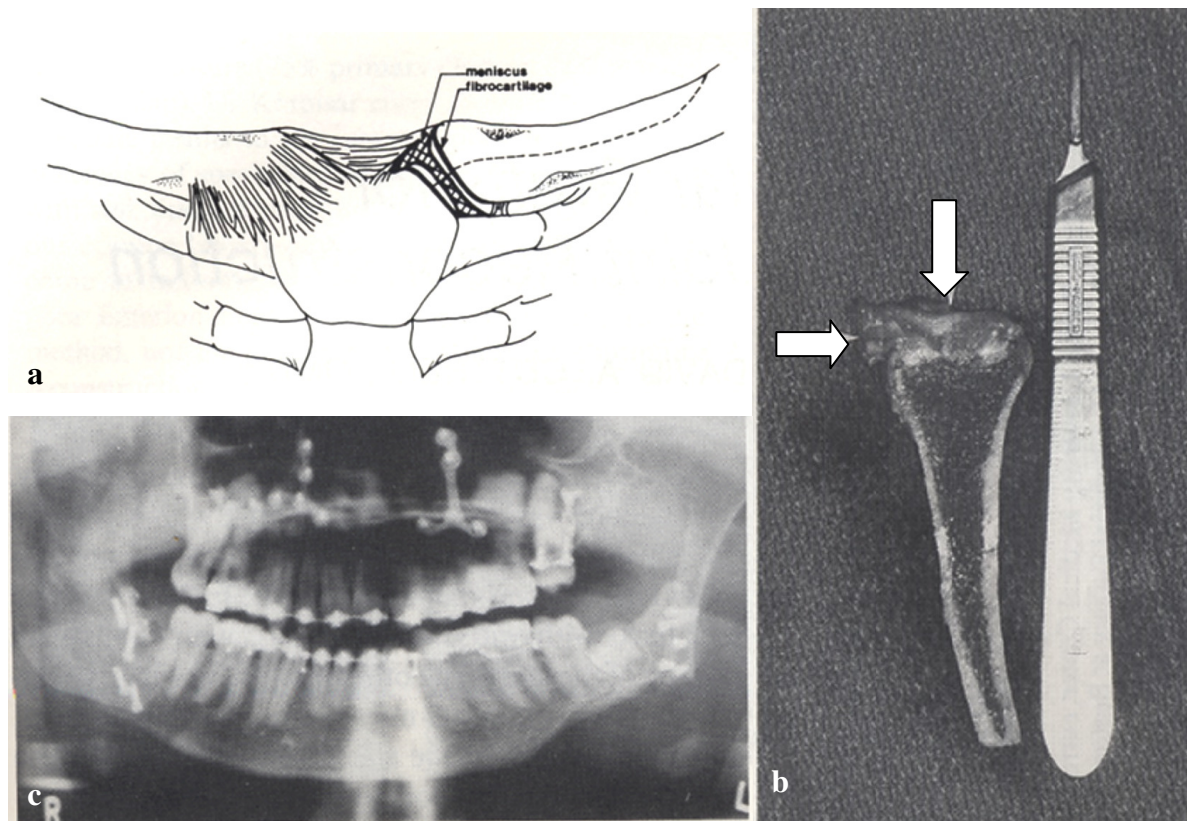
**Tabelle 1 (Fortsetzung 5)**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahmemorbidität
Medra 2005 <a href="#">[71]</a>	55	Ø n. g. (25 Pat. <14, 30 Pat. ≥14)	Ankylose (n=55)	7-10	58% mit zufriedenstellender Mundöffnung, 18% mit unzureichender Mundöffnung, 59% mit guter Integration	25% Resorption, 9% Reankylose, 4% überschießendes Wachstum	n. g.

#### 4.1.2 Freies Transplantat vom Sternoclavikulargelenk

Das Sternoclavikular-Gelenk mit seinen zwei synovialen Kammern und dem interartikulären Knorpel besitzt eine dem Temporomandibular-Gelenk ähnliche Struktur [[Siemssen 1982](#), [Snyder et al. 1971b](#)]. Das Wachstumszentrum des Clavikulakopfes ist - im Gegensatz zum Rippentransplantat - aus den charakteristischen Knorpelschichten des Kondylus (artikuläre, prächondroplastische, chondroplastische, hypertrophische und Schichten der enchondralen Ossifikation) aufgebaut [[Ellis and Carlson 1986](#), [Shenag and Klebuc 1994](#), [Snyder et al. 1971a](#)]. Tierexperimentell konnte nach der Transplantation ein Wachstum in Form und Richtung des ursprünglichen Kondylus nachgewiesen werden [[Henning et al. 1992](#)].

Um den Kondylusersatz einerseits nicht zu überdimensionieren und andererseits die Stabilität und Funktion der Schulter zu sichern, umfasst das Transplantat ausschließlich den oberen, ventralen Anteil der Clavikula (Abbildung 10). Die Verwendung des kontralateralen Sternoclavikular-Gelenks und dessen Befestigung am Hinterrand des aufsteigenden Unterkieferastes ermöglichen eine der ursprünglichen Anatomie am ehesten entsprechende Form und Position des Neokondylus in der Fossa. Der Discus articularis kann bei Bedarf mit transplantiert werden [[Wolford et al. 1994](#)].



**Abbildung 10:** Freies Transplantat vom Sternoclavikulargelenk (Quelle: Wolford LM, Cottrell DA, Henry C (1994) Sternoclavicular grafts for temporomandibular joint reconstruction. J Oral Maxillofac Surg 52: 119-128, Copyright by American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons):

**a** Skizzierung der zu transplantierenden Anteile der Clavikula, die nur den oberen, ventralen Anteil und nach Bedarf den Discus articularis inkludieren

**b** Transplantat nach der Entnahme, man beachte die Dicke der Kortikalis sowie den am Gelenkkopf verbliebenen Discus (Pfeile)

**c** Orthopantomogramm unmittelbar nach Rekonstruktion des linken aufsteigenden Astes

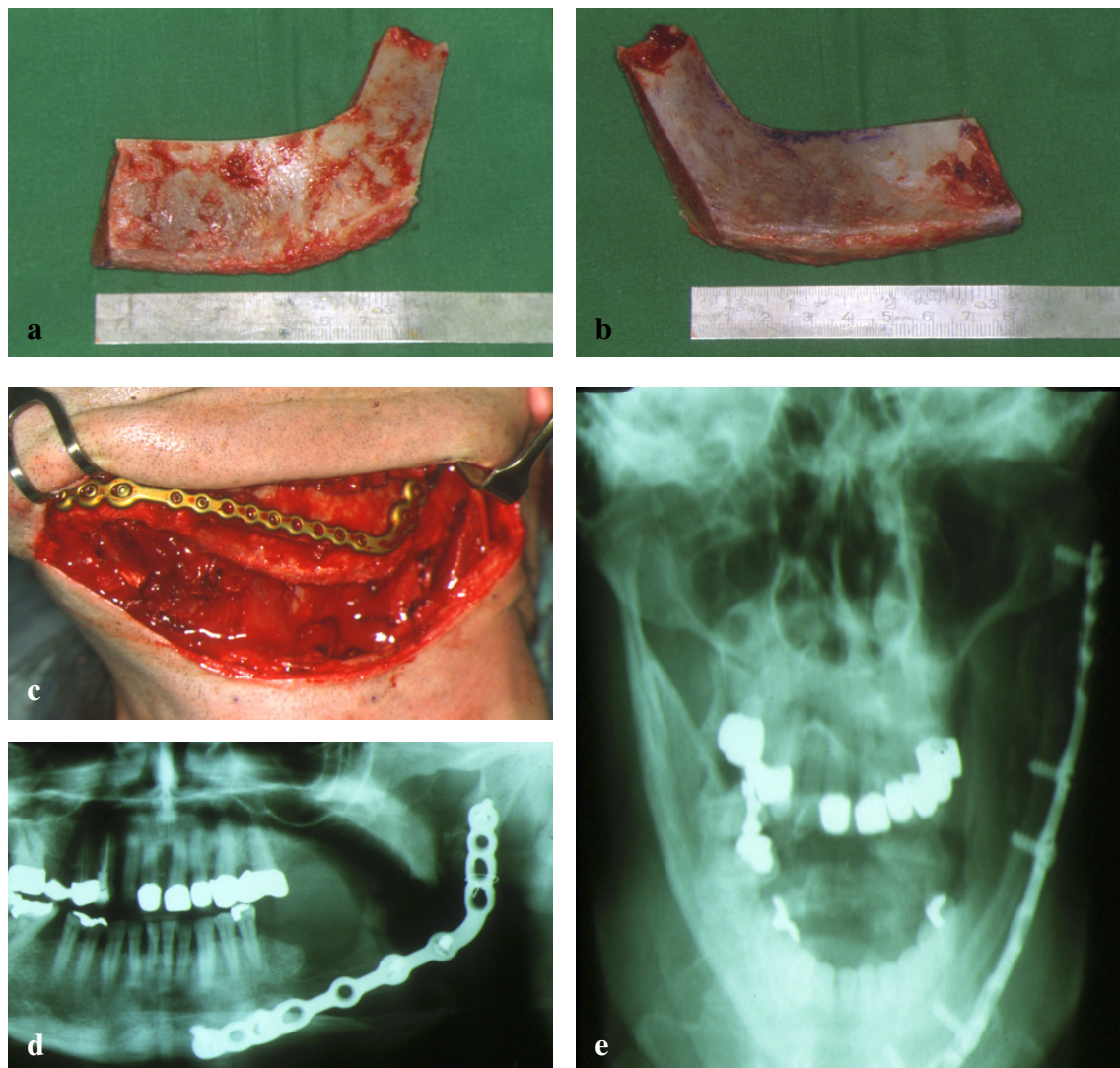


Wie bei der freien Rippentransplantation muss bei der Darstellung und Entnahme auf die Schonung der darunter liegenden Pleura geachtet werden [[Wolford et al. 1994](#)]. Funktionelle und ästhetische Einschränkungen im Entnahmegebiet werden bei der genannten Methode als vernachlässigbar beschrieben [[Snyder et al. 1971a](#), [Snyder et al. 1971b](#)]. Allerdings können bei zu früher Belastung des verbliebenen Schlüsselbeins in 10% der Fälle Frakturen auftreten [[Wolford et al. 1994](#)].

Die Erfolgsrate wird mit 93% angegeben, reduziert sich jedoch bei Zustand nach entzündlicher Kiefergelenkerkrankung oder nach vorangegangener fehlgeschlagener alloplastischer Kondylusrekonstruktion auf 29-50% [[Wolford et al. 1994](#)] (Tabelle 2).

#### 4.1.3 Freies Transplantat vom Beckenkamm

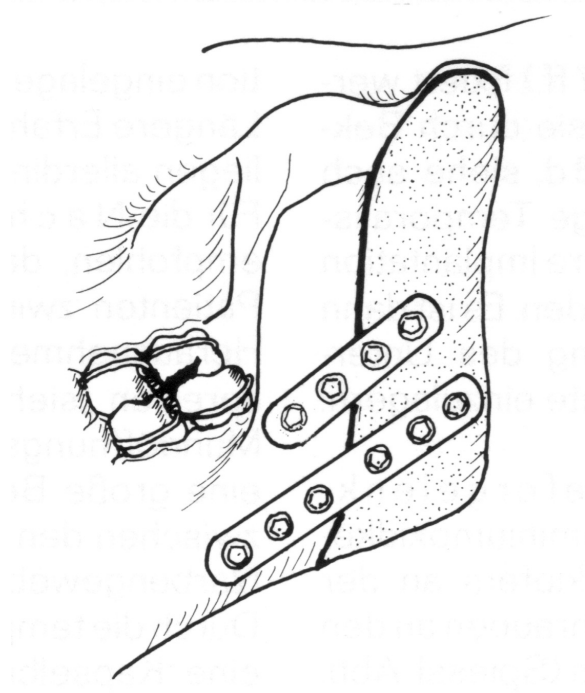
Das erstmals 1965 zum Ersatz des Kondylus beschriebene freie Beckenkammtransplantat [Manchester 1965] steht insbesondere zur Rekonstruktion ausgedehnter Unterkieferdefekte zur Verfügung, welche neben dem Kondylus auch Anteile des vertikalen und gegebenenfalls auch horizontalen Astes umfassen [Dodson 1997, Fries und Wepner 1976, Ordnung 1994] (Abbildung 11).



**Abbildung 11:** Abbildungslegende siehe nächste Seite

**Abbildung 11:** Freies Transplantat vom Beckenkamm (mit freundlicher Genehmigung von Herrn Priv.-Doz. Dr. Dr. Carl Peter Cornelius, MKG-Chirurgie, LMU München):

- a** Transplantat nach der Entnahme, anschließend findet eine Anpassung/Modellation an die zu ersetzenden Anteile der Mandibula statt
- b** Beckenkammtransplantat von der oppositionalen Seite, man beachte die Kurvatur des Transplantates, diese sollte nach Möglichkeit die Form des Unterkiefers nachempfinden
- c** Fixierung mittels einer Unilock-Platte an dem erhaltenen Unterkieferanteil
- d** postoperatives Orthopantomogramm
- e** postoperative Schädel p.a.-Aufnahme nach Clementschitsch



**Abbildung 12:** Freies Transplantat vom Beckenkamm fixiert mit Osteosyntheseplatten (veröffentlicht in: Krüger E (1993) Erkrankungen des Kiefergelenks. In: Krüger E (Hrsg) Lehrbuch der chirurgischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Band 2. Copyright by Quintessenz, Berlin Chicago, S. 39)

Im Kindesalter kann die biologische Aktivität des transplantierten Beckenknochens prinzipiell eine nahezu seitengleiche Entwicklung des Untergesichtes bedingen [[Kummoona 1986](#)]. Induktion und Ausmaß des Wachstums gelten aber als unsicher und als nicht genau prognostizierbar [[Appel et al. 2000](#), [Reich 1991b](#), [Reich 2000](#)].

Beim Heben des Beckenkammtransplantates wird die Knochenentnahme auf der ipsilateralen Seite empfohlen, da hier die Krümmung dem zu ersetzenden Kondylus am ehesten entspricht [[Manchester 1965](#)] (Abbildung 11.b). Der insbesondere

noch im Wachstumsalter noch vorhandene Knorpelanteil der Spina iliaca anterior kann zur Gestaltung der Gelenkfläche miteinbezogen werden [[Hyckel et al. 1991](#), [Trauner 1973](#)]. Alternativ kann das Beckenkammtransplantat so an der Schädelbasis fixiert werden, das der knorpelige Anteil mit dem Unterkieferstumpf artikuliert [[Matukas et al. 1980](#)].

In 10% der Fälle wird über Infektionen, Hämatome und Serome im Bereich der Entnahmestelle berichtet [[Arrington 1996](#)]. Beckenringfrakturen, Osteomyelitiden, Leistenbrüche, Gefäß- (A. glutea superior) und Nervverletzungen (N. gluteus superior, N. cluneum, N. cutaneus femoris lateralis) werden bei 5,8 % der Patienten beobachtet. Diese Komplikationen können weitere operative Eingriffe bzw. einen verlängerten stationären Aufenthalt nach sich ziehen [[Arrington 1996](#), [Younger and Chapman 1989](#)].

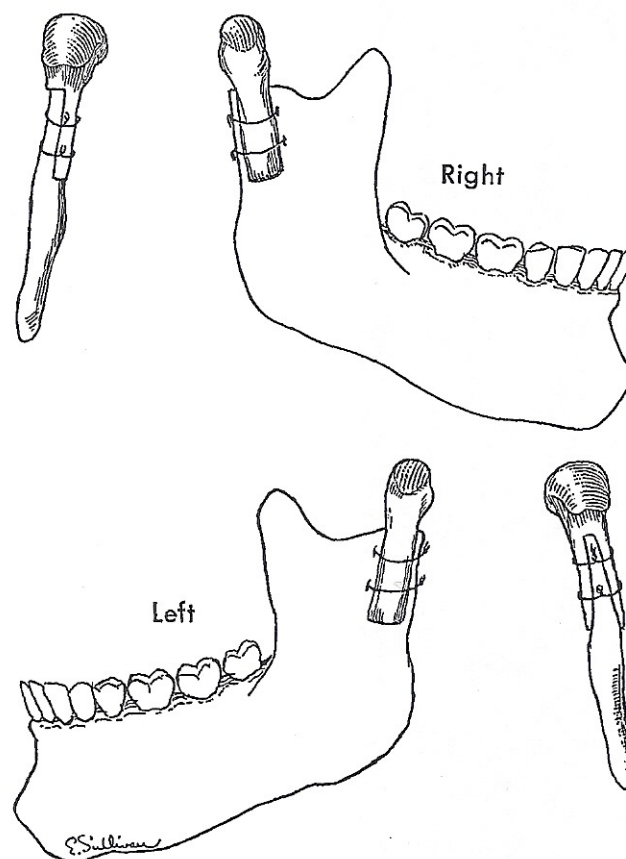
Angaben zum funktionellen Ergebnis beschränken sich in der Literatur auf die Mundöffnung, welche im zweiten bis dritten postoperativen Jahr sowohl im Kindesalter [[Kummoona 1986](#), [Reich 1991](#)] als auch bei Erwachsenen [[Hyckel 1991](#), [Ramil-Novo 1999](#)] mit 37-42mm physiologische Werte erreichen kann (Tabelle 2).

#### 4.1.4 Freies Transplantat des Os metatarsale

Der 2. bis 5. Metatarsal-Knochen eignet sich aufgrund der Größe seines Gelenkkopfes, sowie der Länge seines Knochenschaftes (4-6cm) zur Rekonstruktion des Kondylus [Dingman and Grabb 1964]. Mit der Transplantation des distalen Anteils des Mittelfußknochens [Stuteville and Lanfranchi 1955] und der Verpflanzung des metatarsophalangealen Gelenks [Entin 1958, Glahn and Winther 1967] sind zwei verschiedene Methoden beschrieben worden. Bei keiner der beiden konnte ein Wachstum der transplantierten Strukturen nachgewiesen werden [Dingman and Grabb 1966, Glahn and Winther 1967]. Da nach Transplantation des kompletten metatarsophalangealen Gelenks über ausgeprägte Knorpeldegenerationen und Discusperforationen berichtet wurde, beschränkt man sich heute auf die Verpflanzung des distalen Anteils des Mittelfußknochens [Dingman and Grabb 1964, Entin 1962, Hidding et al. 1990, Ho et al. 1974]. Hierbei erweist sich die Verwendung des 5. Os metatarsale als vorteilhaft, da dieses am wenigsten Körpergewicht trägt und somit am wenigsten postoperative Beschwerden im Spenderbereich zu erwarten sind [Lahti and Sundell 1973].

Funktionelle und/oder ästhetische Beeinträchtigungen an der Entnahmestelle werden von den Patienten im Allgemeinen nicht beklagt [Dattilo et al. 1986, Dingman and Grabb 1964, Dingman 1971, Glahn and Winther 1967, Ho et al. 1974, Lahti and Sundell 1973]. Allerdings beobachtete Stuteville nach Entnahme des 2. Os metatarsale Syndaktylien zwischen der ersten und zweiten bzw. der zweiten und dritten Zehe [Stuteville and Lanfranchi 1955].

Position des Neokondylus, Protrusion und Laterotrusion wurden ohne konkrete Angaben als gut beurteilt. Postoperativ konnte eine Mundöffnung von 30-50mm erzielt werden [Dingman and Grabb 1964, Dingman 1971, Entin 1958, Glahn and Winther 1967, Lahti and Sundell 1973, Stuteville and Lanfranchi 1955, Watson 1990] (Tabelle 2).



**Abbildung 13:** Freie Transplantate des Os metatarsale fixiert mittels Drahtligaturen am Ramus ascendens zur bilateralen Kondylusrekonstruktion (Quelle: Dingman RO, Grabb WC (1964) Reconstruction of both mandibular condyles with metatarsal bone grafts. Plast Reconstr Surg 34: 441-451, Copyright by The Williams & Wilkins Co.)



**Tabelle 2: Literaturübersicht zu Indikationen, Ergebnissen, Komplikationen und Entnahmemorbiditäten des freien Transplantates vom Sternoklavikulargelenk, vom Beckenkamm und vom Os metatarsale zum Kondylusersatz**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahmemorbidität
<i>Freies Transplantat vom Sternoklavikulargelenk</i>							
Wolford et al. 1994 [131]	14	Ø 32,1 (18-55)	Z. n. Vitek-Kent-Prothese zum kombinierten Fossa-Kondylus-Ersatz	3,75	29% erfolgreich	71% Ankylose/Zerstörung des Transplantats aufgrund weiter bestehender Fremdkörperreaktion	10% postop. Clavikulafraktur
	10	Ø 31,5 (17-57)	Ankylose, idiopathische Kondylusresorption, Osteoarthritis	3,75	50% erfolgreich	50% Reankylose und degenerative Veränderungen	
	14	Ø 17,8 (3-48)	frakturierte, dislozierte Kondylen, hemifaciale Mikrosomie, kondyläre A-, Hypo- und Hyperplasie, Tumor	3,75	93% erfolgreich	Misserfolg bei hemifacialer Mikrosomie (3-jähriger Pat.)	

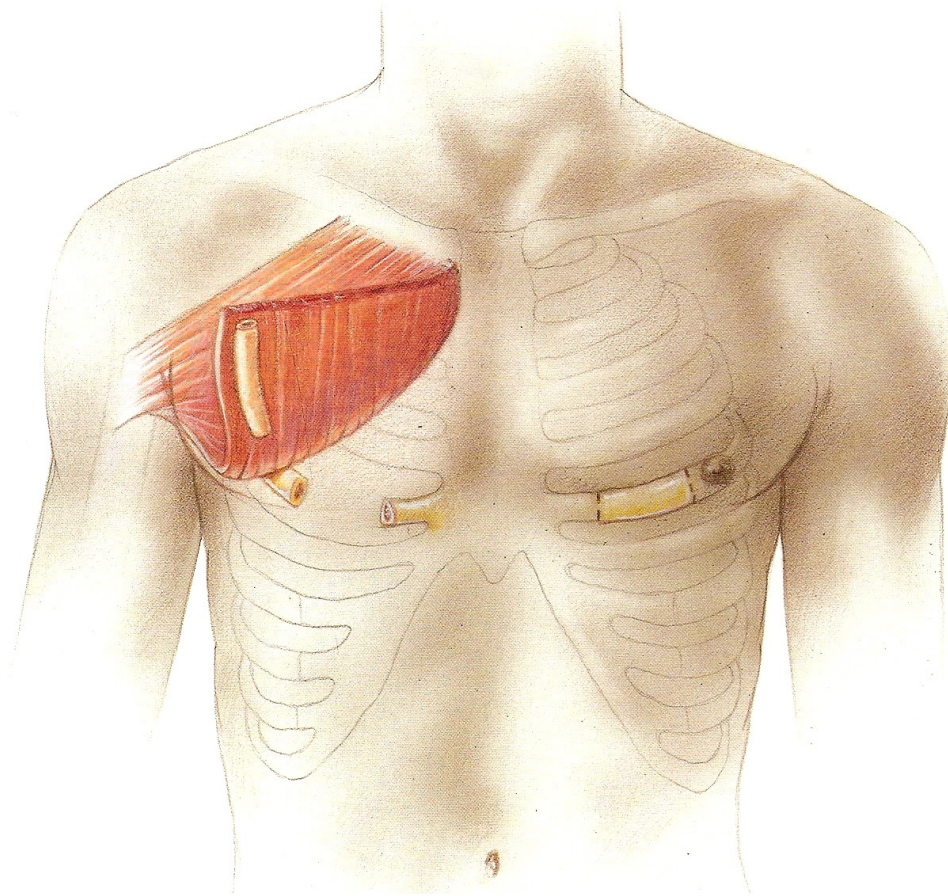
**Tabelle 2 (Fortsetzung 1)**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahmemorbidität
<b><i>Freies Transplantat vom Beckenkamm</i></b>							
Reich und Berten 1991 [94]	3	Ø 5,5 (4-7,5)	Agnesie (n=1), Ankylose (n=1), Hypoplasie (n=1)	2,75	100% Gesichtssymmetrie verbessert, 33% MÖ verbessert, 66% MÖ unverändert	keine	n. g.
<b><i>Freies Transplantat des Os metatarsale</i></b>							
Stuteville and Lanfranchi 1955 [117]	1	7	Ankylose	n. g.	Ø max. SKD präop. 0,5cm, postop. 3,0cm	n. g.	Syndaktylismus zwischen 1. u. 2., u. 2. u. 3. Zehe

## 4.2 Gestielte Transplantate

### 4.2.1 Gestieltes costochondrales Transplantat

Neben dem oben genannten freien Rippentransplantat kann auch ein gestieltes costochondrales Transplantat als Kondylusersatz dienen. Hierbei werden die 4. oder 5. Rippe zusammen mit einem gestielten Pectoralis major Flap als osteomyokutaner Lappen gehoben [Cuono and Ariyan 1980, Jones and Sommerlad 1983]. Die Orientierung der Rippe gestaltet sich mitunter schwierig und die Perfusion des Knochens und Knorpels gilt als kritisch, so dass diese Methode heute als problematisch zu werten ist [Bell and Barron 1981, Biller et al. 1980, Lam et al. 1984].



**Abbildung 14:** Skizzierung einer Transplantation eines gestielten Pectoralis major Flap mit einem Segment der fünften Rippe. Die Blutversorgung wird durch periostale Gefäße aus dem Muskel gewährleistet (veröffentlicht in: Urken ML, Biller HF (1995) Regional Flaps, Muscle and Musculocutaneous Flaps. In: Urken ML, Biller HF (eds) Atlas of Regional and Free Flaps for Head and Neck Reconstruction. Copyright by Raven Press, New York, p.11)

#### 4.2.2 Gestieltes Transplantat vom Sternoclavikulargelenk

Auch das Sternoclavikulargelenk kann sowohl frei als auch gestielt verpflanzt werden. Bei letzterem wird die Nutrition des übertragenen Gelenks anfangs in erster Linie durch den Muskelstiel des M. sternocleidomastoideus, welcher in der Regel von der A. occipitalis versorgt wird, und optional zusätzlich durch den Stiel des M. sternohyoideus, gewährleistet [[Korula et al. 1991](#), [Siemssen 1982](#)].



**Abbildung 15:** Clavikula Gelenkkomplex mit Muskelstiel (Quelle: Korula P, Ramchandra NE, Dhanaraj P (1991) Temporomandibular arthroplasty by pedicled transfer of the sternoclavicular joint - a simplified technique. Br J Plast Surg 44: 410-414, Copyright by The Trustees of British Association of Plastic Surgeons)

Sekundär wird die Ernährung des transplantierten Sternoclavikulargelenks durch Gefäßeinsprossungen aus dem umgebenden Weichgewebe [[Korula et al. 1991](#)] und aus dem gegebenenfalls wiederbefestigten M. pterygoideus lateralis [[Hunsuck 1969](#)] unterstützt.



**Abbildung 16:** Skizzierung des am M. sternocleidomastoideus gestielten Clavikula Transplantats (veröffentlicht in: Urken ML, Biller HF (1995) Regional Flaps, Muscle and Musculocutaneous Flaps. In: Urken ML, Biller HF (eds) Atlas of Regional and Free Flaps for Head and Neck Reconstruction. Copyright by Raven Press, New York, p.56)

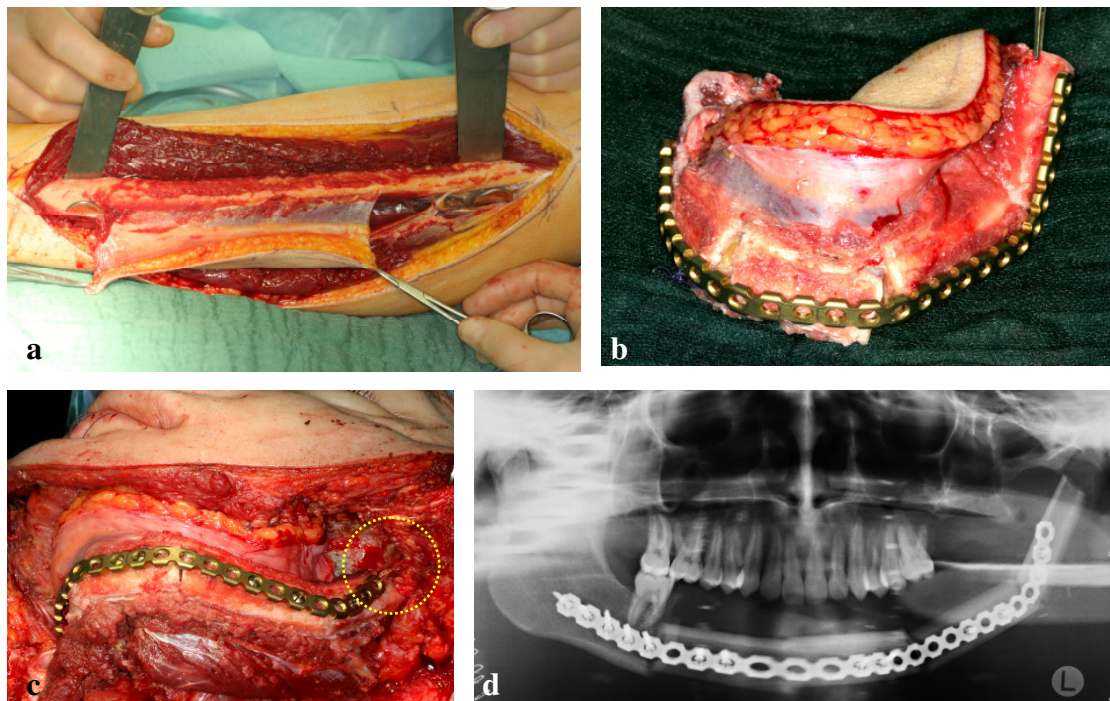
Als einziger Parameter für das funktionelle Ergebnis ist eine Mundöffnung von 18-40mm ein bis drei Jahre postoperativ bei Patienten im Alter von 6-22 Jahren beschrieben [[Korula et al. 1991](#), [Siemssen 1982](#)] (Tabelle 3).



### 4.3 Mikrovaskulär reanastomosierte Transplantate

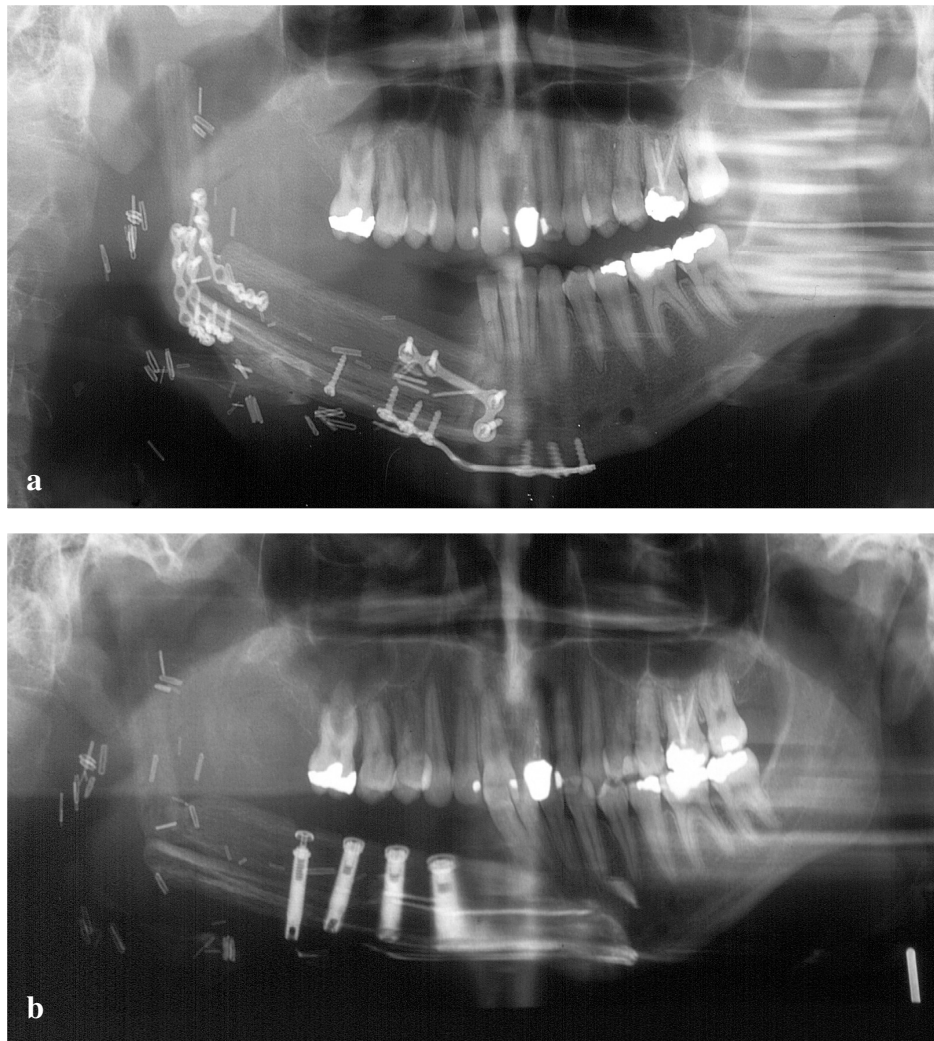
#### 4.3.1 Mikrovaskulär reanastomosiertes Fibula-Transplantat

Mit Transplantatlängen bis zu 25cm und einer dualen (endostealen und periostealen) Blutversorgung [Wax et al. 2000] bietet das mikrovaskulär reanastomosierte Fibula-Transplantat die Möglichkeit, ausgedehnte Unterkieferdefekte einschließlich des Kondylus (Abbildung 17) auch im vorgeschädigten Transplantatlager zu rekonstruieren [Hidalgo 1994, Ionomou et al. 1999, Wax et al. 2000].



**Abbildung 17:** Mikrovaskulär reanastomosiertes osteomyokutanes Fibula Transplantat (mit freundlicher Genehmigung von Herrn Priv.-Doz. Dr. Dr. Carl Peter Cornelius, MKG-Chirurgie, LMU München): **a** Transplantathebung **b** extrakorporale Modellierung des Transplantates an der zuvor in situ angepassten Rekonstruktionsplatte **c** Transplantat und Rekonstruktionsplatte in situ, Befestigung des Neokondylus am Arcus zygomaticus mit einem Führungsgummi **d** postoperatives Orthopantomogramm





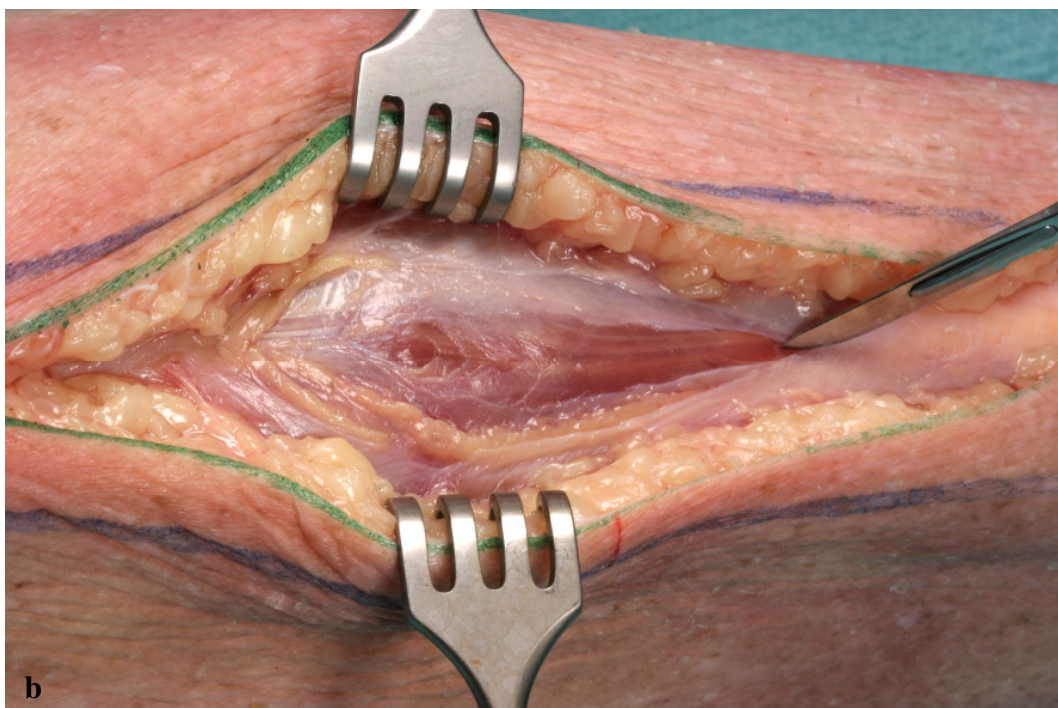
**Abbildung 18:** Rekonstruktion der rechten Hemimandibula durch ein Double Barrel - Fibula Transplantat: **a** postoperatives Orthopantomogramm **b** Orthopantomogramm nach Entfernung des Osteosynthesematerials und Insertion dentaler Implantate

Im Vergleich zum Beckenkamm ist die Fibula auch bei adipösen Patienten sehr gut zugänglich [Shenag and Klebuc 1994]. Um den Neokondylus anatomisch möglichst dem ursprünglichen Kondylus entsprechend gestalten und gleichzeitig den Gefäßstiel sicher platzieren zu können, wird eine Transplantatentnahme von der kontralateralen Seite empfohlen [Wax et al. 2000].

**Abbildung 19:** Operatives Vorgehen bei der Entnahme eines mikrovascular reanastomosierten Fibula Transplantats, optional auch osteomyokutan (Abbildung 18.o und 18.p):

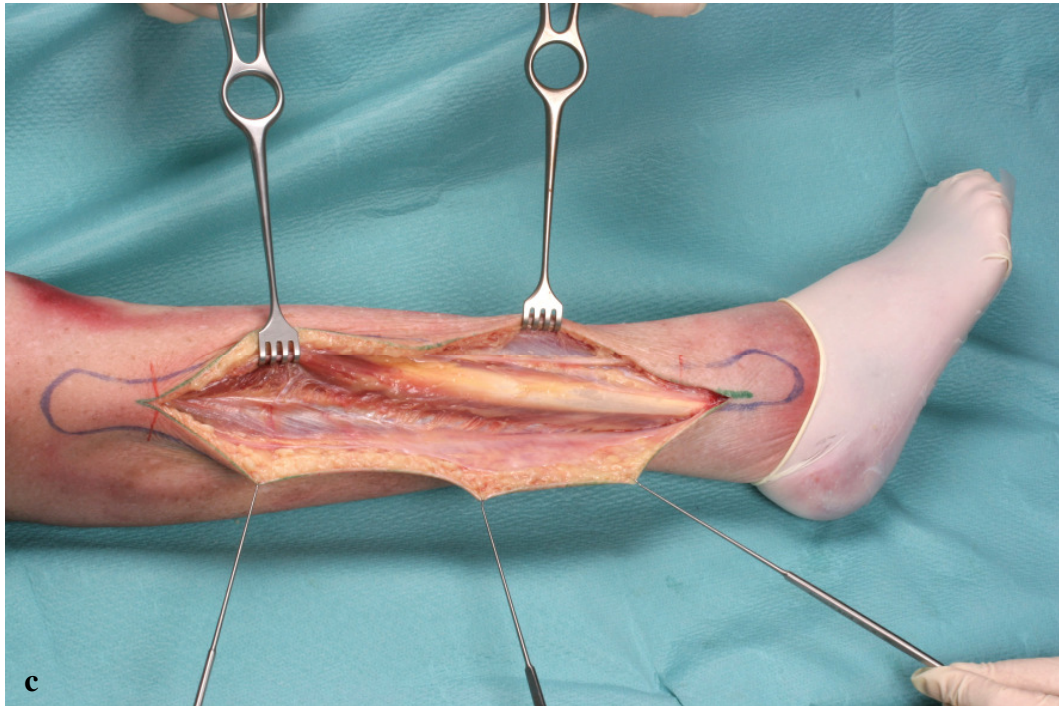


**a** Positionierung des Patienten und Markierung der Schnittführung (grün), die distale Kurvatur der Inzisionslinie stellt die Begrenzung der optional zu entnehmenden Hautinsel dar

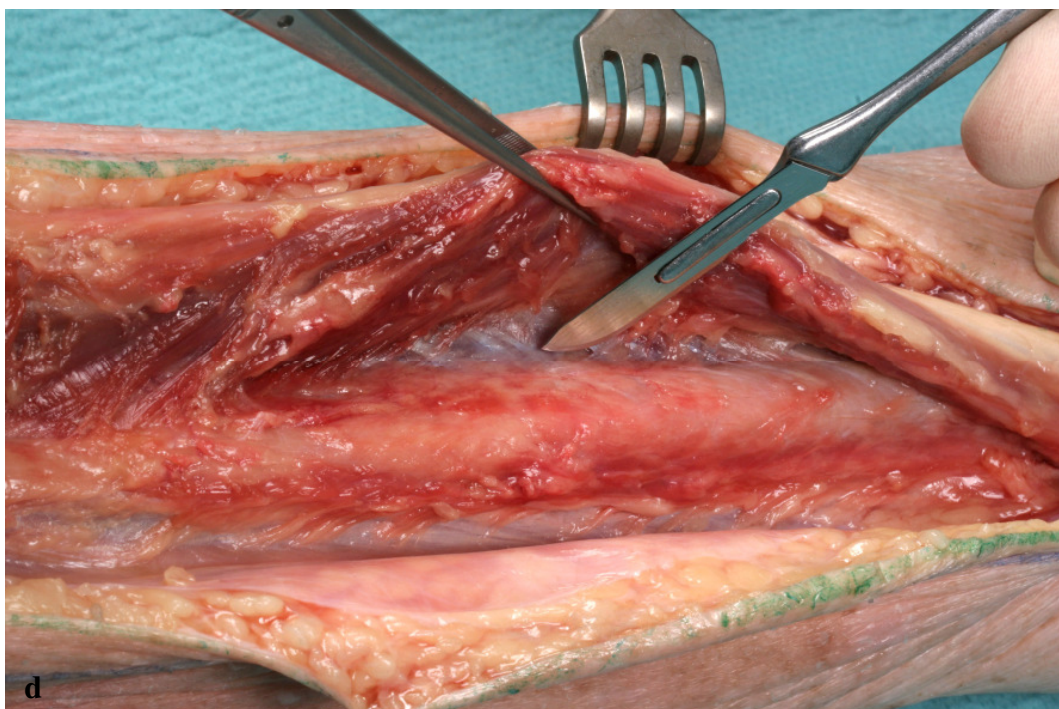


**b** Inzision der Haut sowie der Faszie des M. peroneus longus in einem Abstand von 2cm zum posterioren intermuskulären Septum

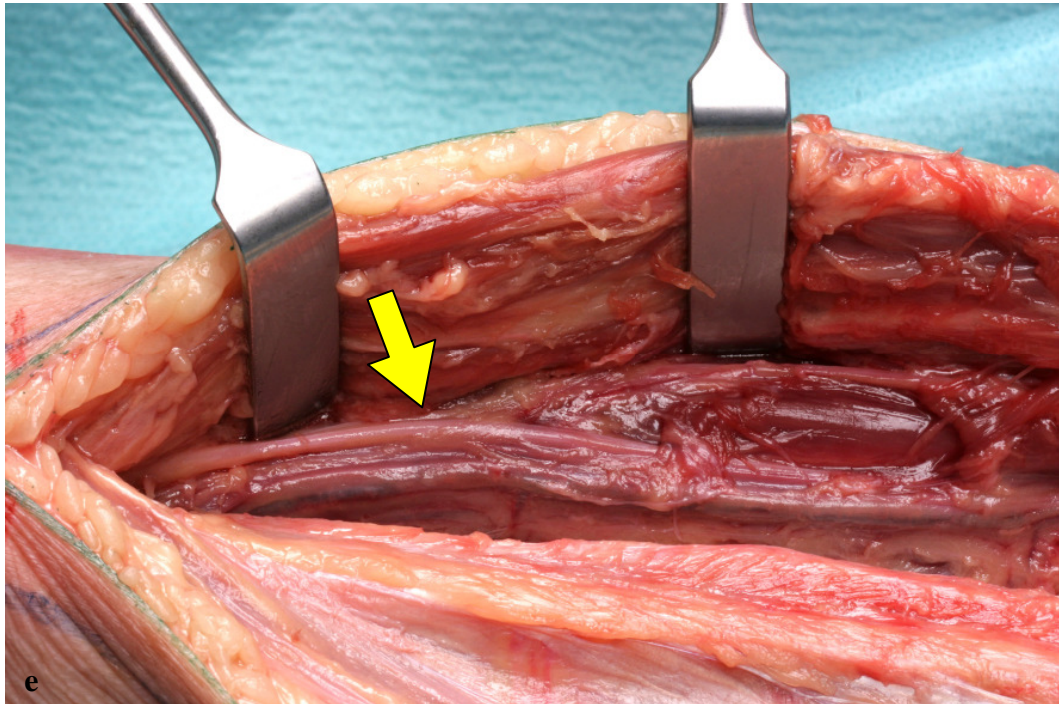




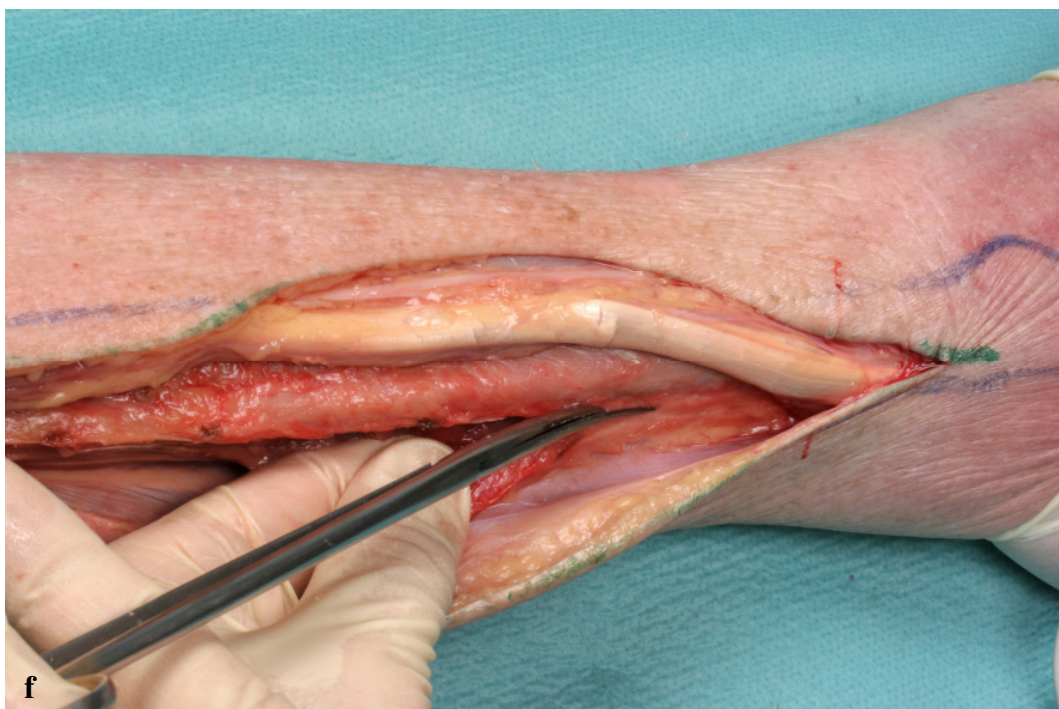
**c** Darstellung der Peroneus- und Soleus Muskulatur, sowie dem posterioren intermuskulären Septum mit den septocutanen Perforansgefäßen



**d** Scharfe Durchtrennung des intermuskulären Septums entlang der seitlichen Begrenzung der Fibula

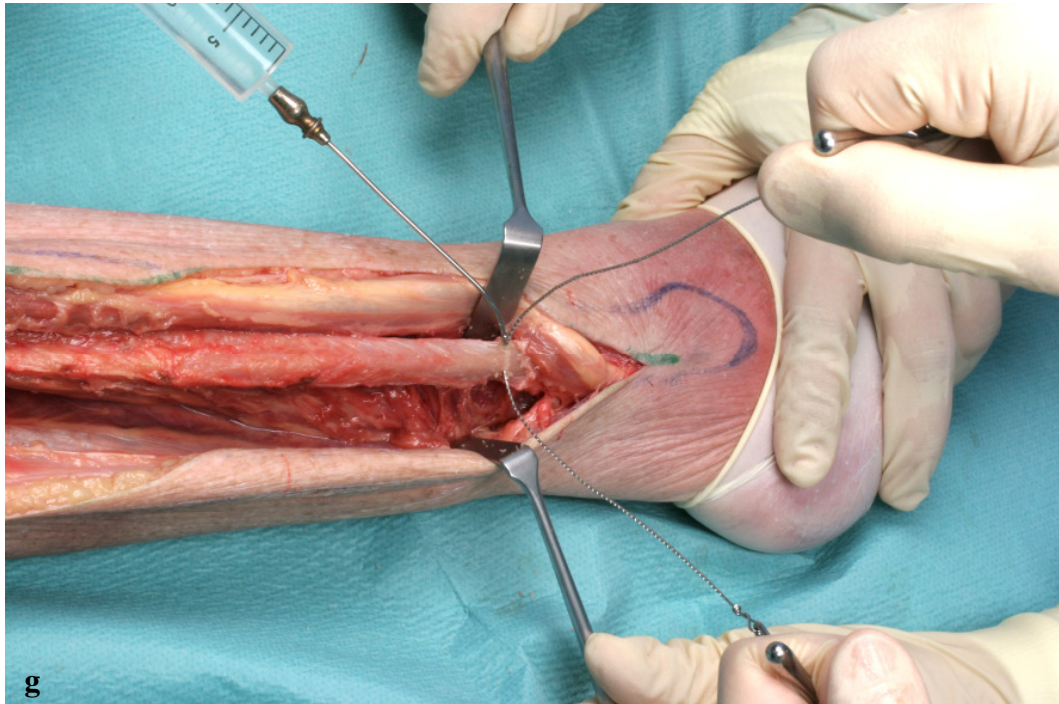


**e** Identifizierung der A. peronealis, diese gibt mehrere starke Gefäße nach lateral zur Versorgung der umliegenden Muskulatur und Haut ab

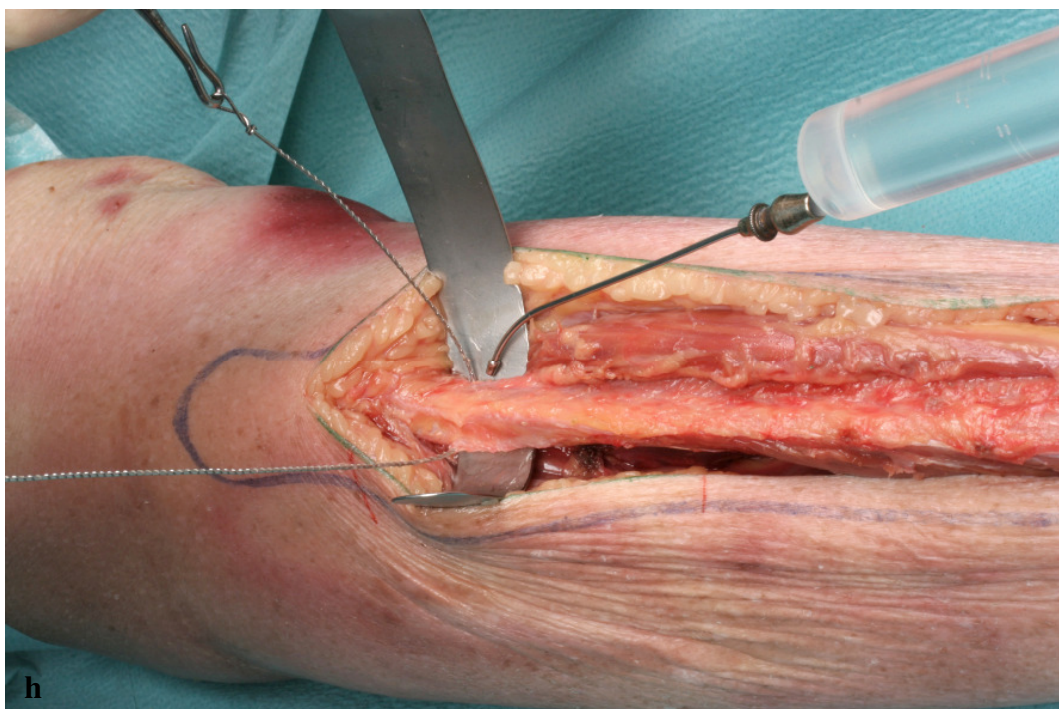


**f** Scharfes Abpräparieren der Mm. soleus et flexor hallucis von der Fibula, hierbei ist besonders auf die Schonung der darunterliegenden Peroneal-Äste zu achten



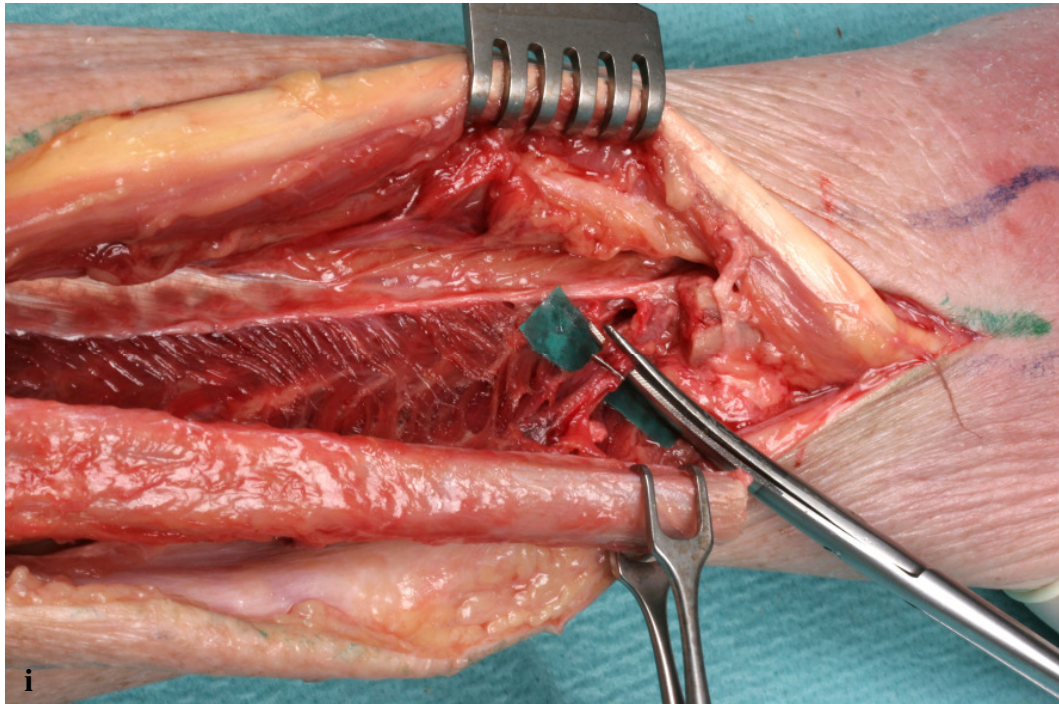


**g**  
g Distale Osteotomie

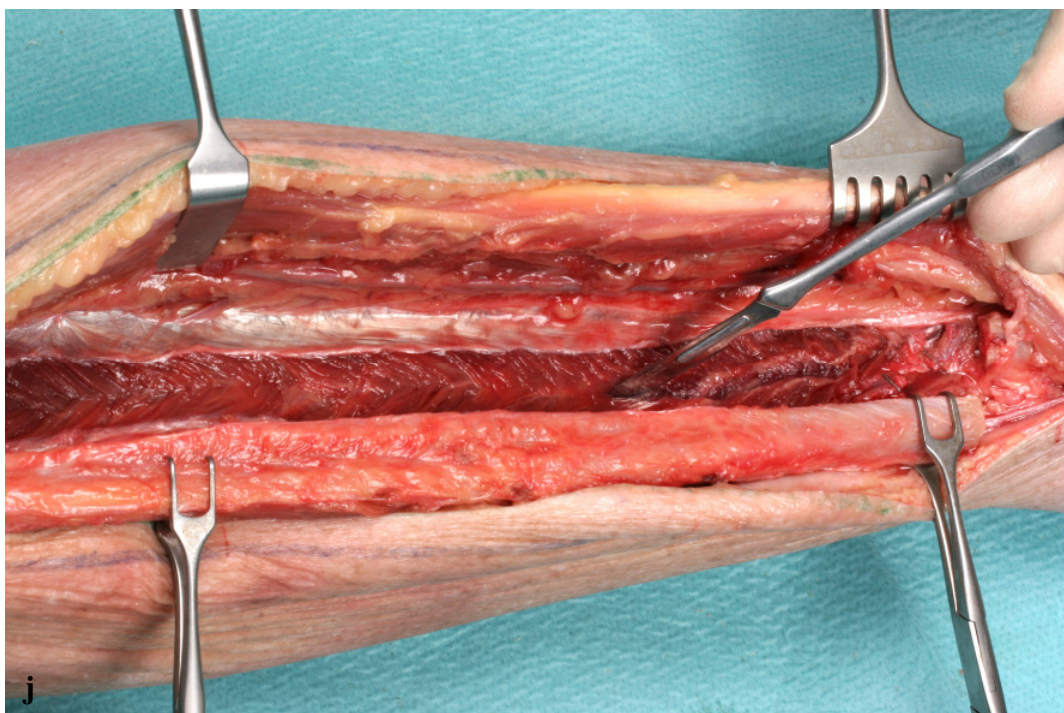


**h**  
h Proximale Osteotomie



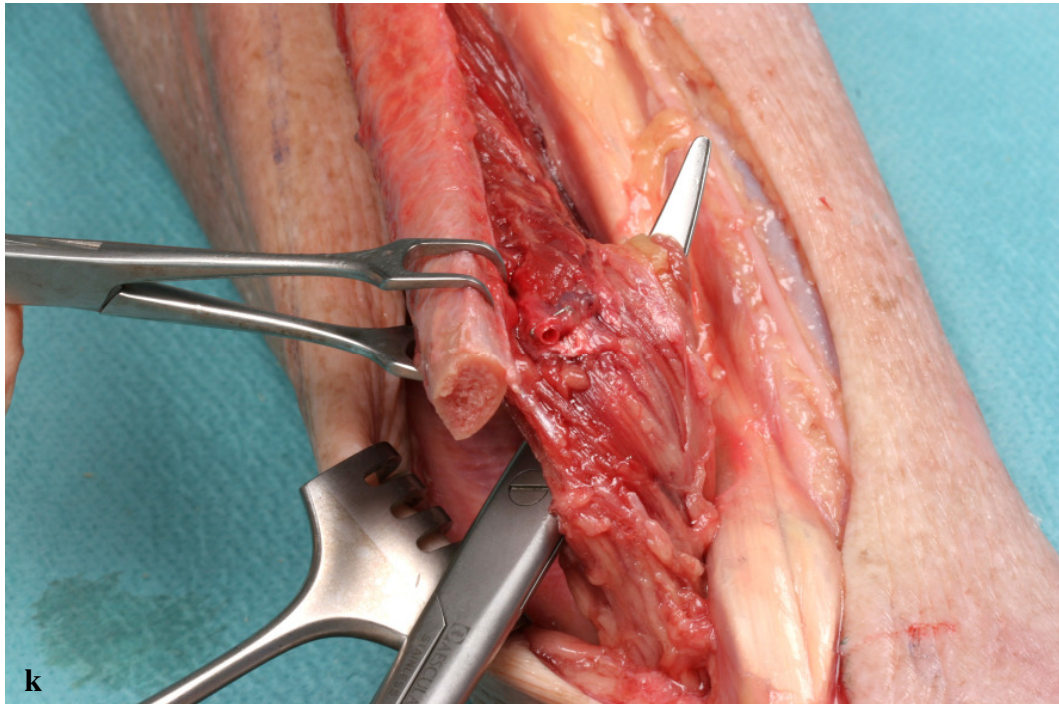


**i** Mobilisierung des Fibula Transplantats mit anschließender Dissektion der distalen Peroneal-Gefäße

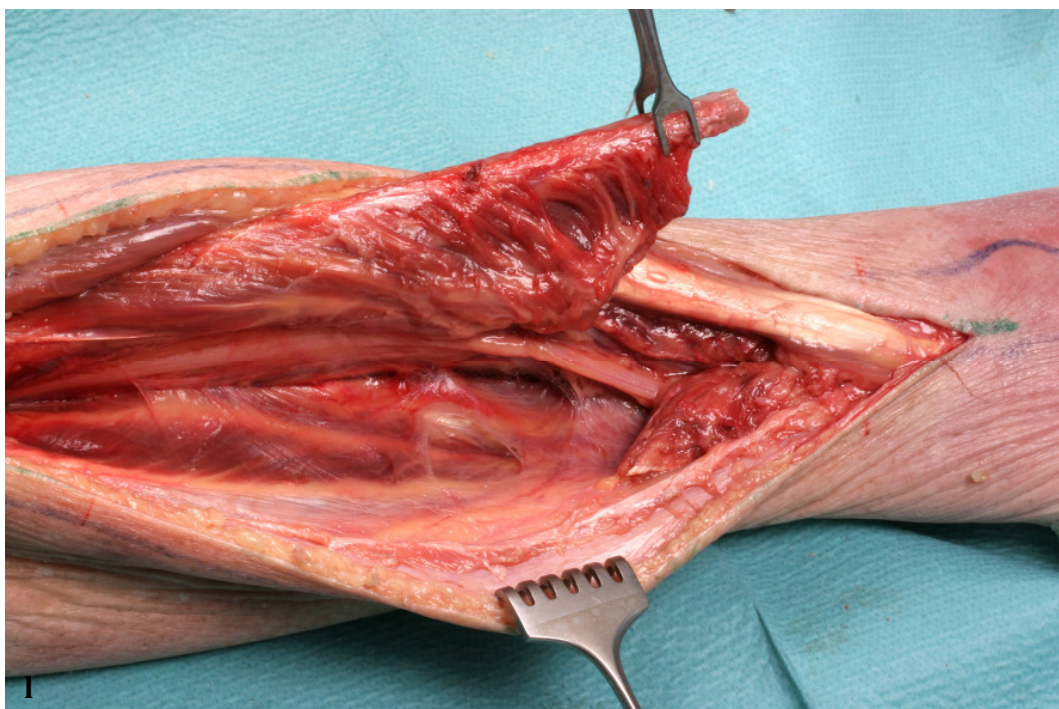


**j** Durchtrennung der V-förmig angeordneten Muskelfasern des M. tibialis posterior



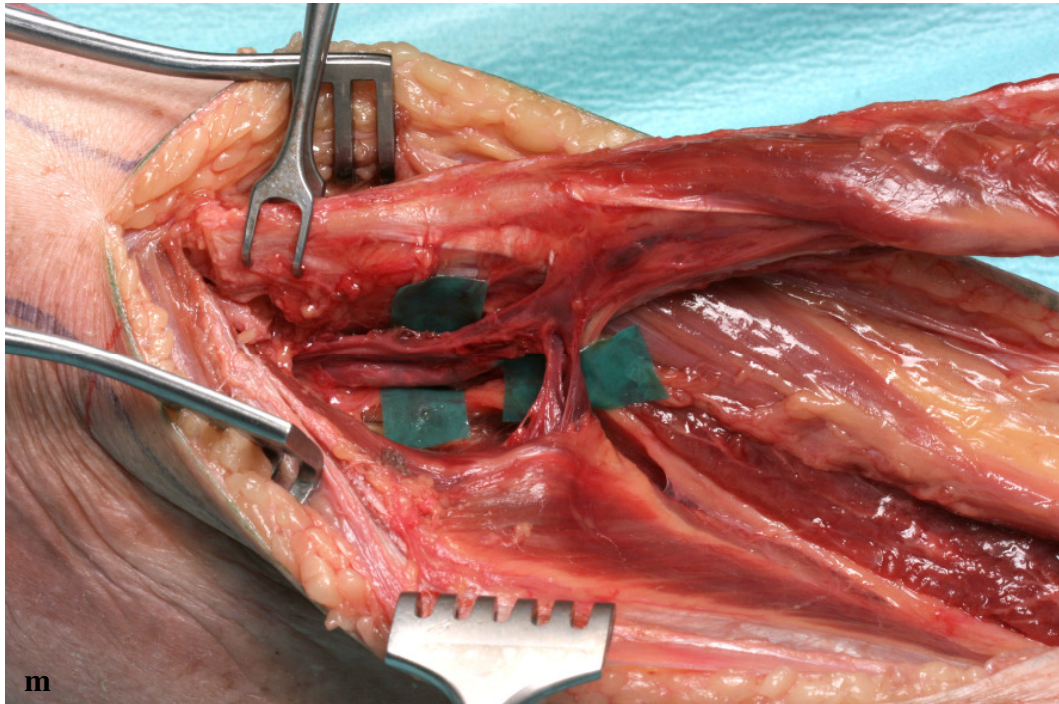


**k** Distale Begrenzung des Transplantats vor der Durchtrennung des M. flexor hallucis longus

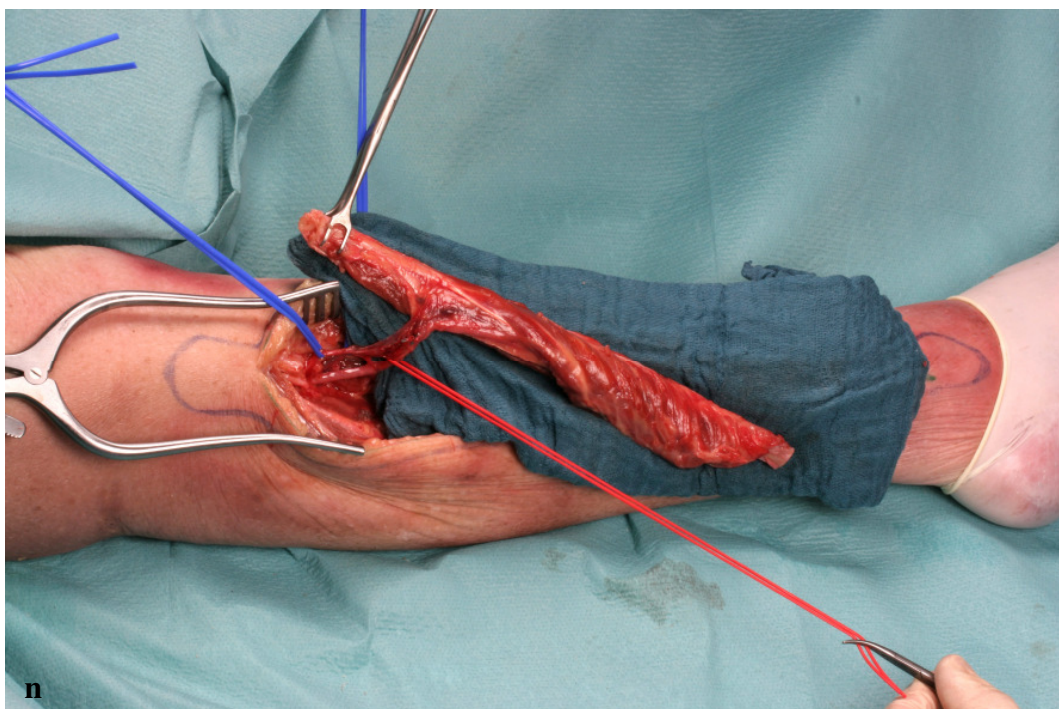


**l** Distal abgesetztes Transplantat



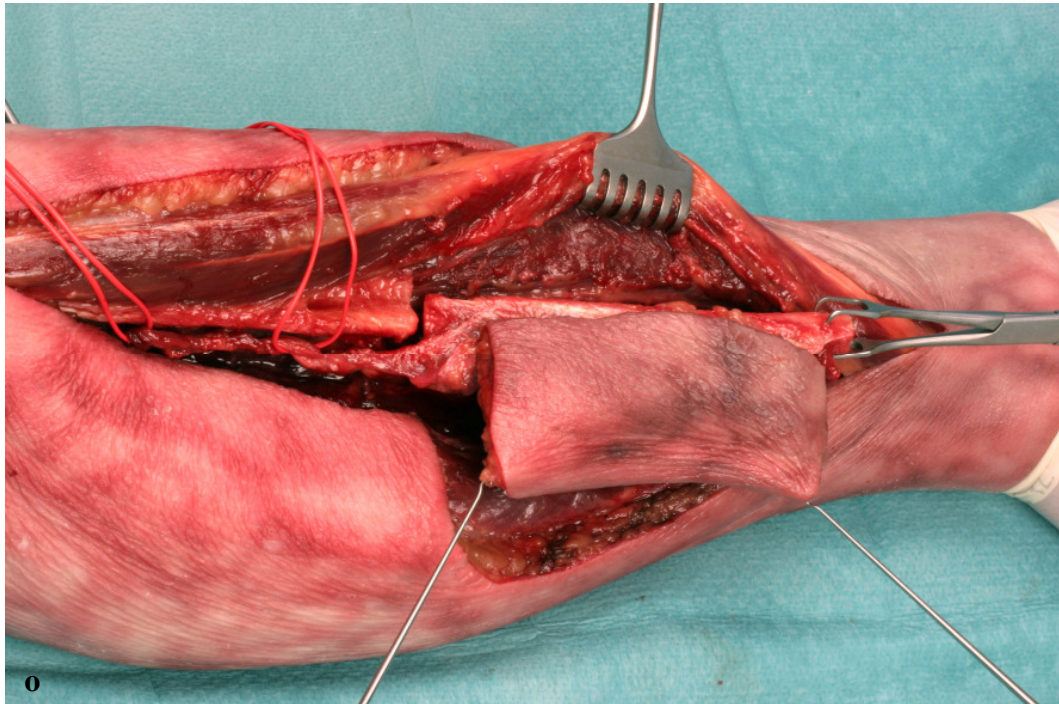


**m** Darstellung der Peroneal-Gefäße mit abzweigenden Ästen in das muskuläre Weichgewebe

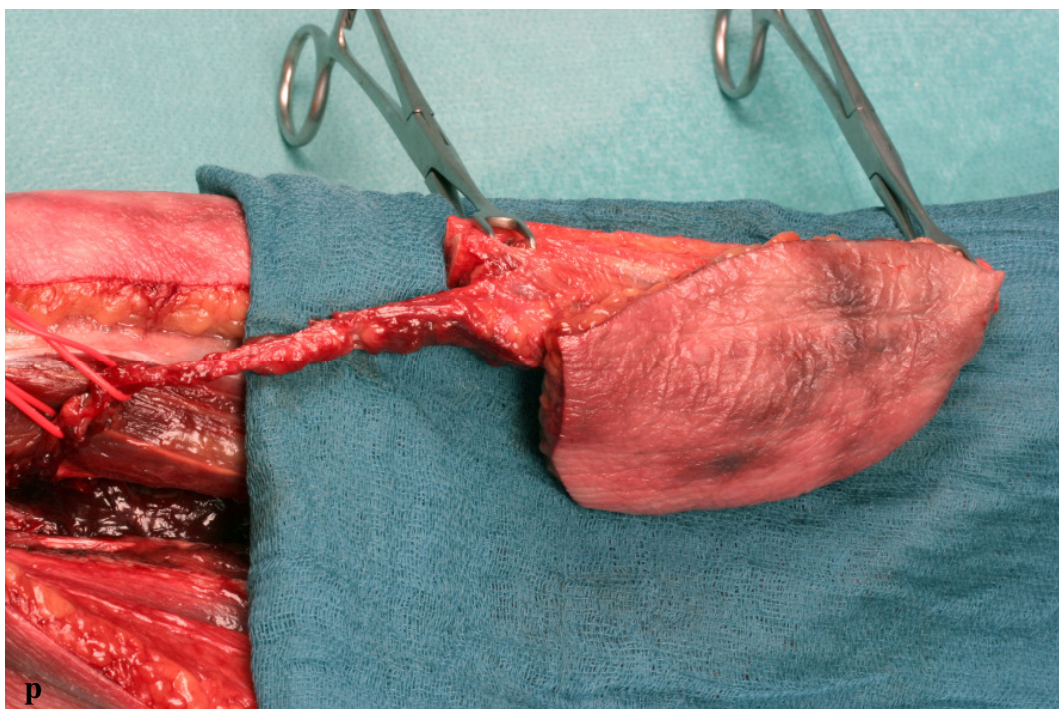


**n** Fibula Transplantat vor der Absetzung, bereit zum mikrovaskulären Transfer





**o** Osteomyokutane Variante des mikrovaskulären Fibula Transplantats mit einer Hautinsel zur Rekonstruktion weichgewebiger Gesichtsdefekte



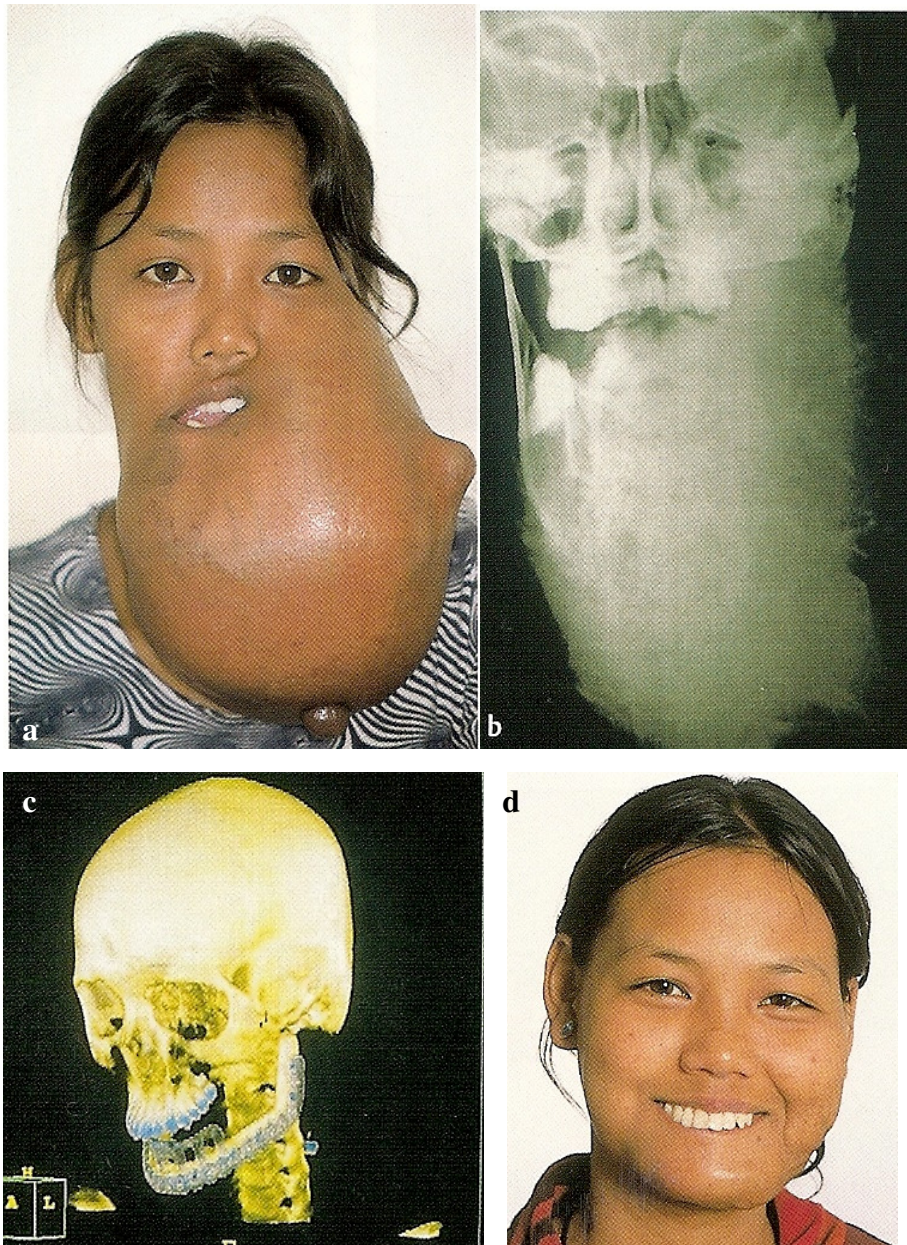
**p** Osteomyokutanee Fibula Transplantat bereit zum mikrovaskulären Transfer

Da bei 5-6% der Patienten die A. tibialis anterior oder A. tibialis posterior nicht angelegt ist, kann eine präoperative Darstellung der Unterschenkelgefäße das Risiko einer Minderdurchblutung des Fußes nach Transplantatentnahme verringern [Michel et al. 1994]. Zur Reduktion von Knochenmarkblutungen beziehen Sieg und Mitarbeiter den proximalen Fibulakopf in das Transplantat mit ein [Sieg et al. 2002]. Knocherne Resorptionen sind vereinzelt auch bei mikrovaskulär reanastomosierten Transplantaten beschrieben worden [Guyot et al. 2004].

Einen Monat nach der Transplantatentnahme können die meisten Patienten wieder ohne Schmerzen gehen [Ferri et al. 1997]. Als Frühkomplikationen an der Entnahmestelle werden in bis über 6% der Fälle Frakturen, Kompartmentsyndrom, vorübergehende Schwächung des N. peroneus communis (Synonym: N. fibularis communis) und Gehbeschwerden aufgeführt [Dodson 1997]. Langfristig können Knieversteifungen, Kniegelenkentzündungen und Unterschenkeldeformierungen aus der Transplantatentnahme resultieren [Dodson 1997]. Die Fixation des Ligamentum collaterale fibulare am Tibiagelenkkopf kann das Kniegelenk stabilisieren [Sieg et al. 2002].

Die postoperative Mundöffnung erreicht in der Literatur altersabhängig 25mm (Durchschnittsalter 9 Jahre) [Iconomou et al. 1999] bzw. 34 mm (Durchschnittsalter 54 Jahre) [Guyot 2004, Wax et al. 2000]. Mastikation und Sprechen sind bei Kindern und Erwachsenen schmerzfrei möglich [Guyot 2004, Iconomou et al. 1999, Wax et al. 2000] (Tabelle 3).





**Abbildung 20:** Unterkieferersatzplastik (veröffentlicht in: Schwenzer N, Ehrenfeld M (2002) Plastische und wiederherstellende Operationen im Bereich des Gesichtsskeletts. In: Schwenzer N, Ehrenfeld M (eds) Spezielle Chirurgie. Copyright by Thieme, Stuttgart New York, S. 411):

**a** Ameloblastom des Unterkiefers bei einem 17-jährigen Mädchen

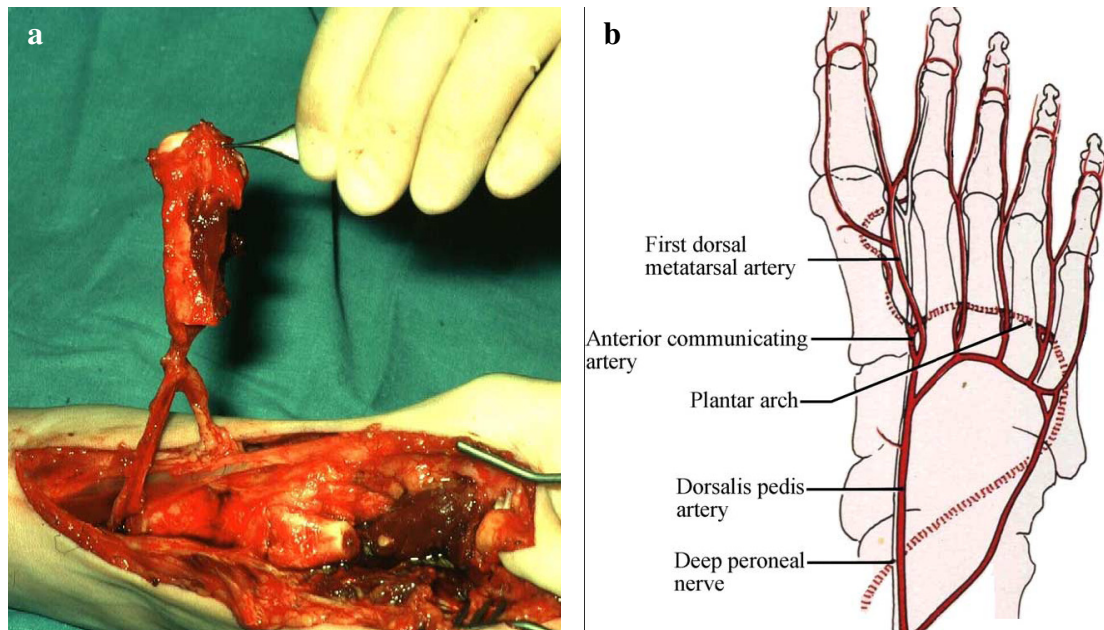
**b** Röntgenbefund mit Tumor

**c** 3D-Rekonstruktion des Zustands nach Unterkieferersatz durch ein Fibulatransplantat und Implantatversorgung

**d** postoperativer extraoraler Befund

#### 4.2.3 Mikrovaskulär reanastomosiertes Metatarsal-Transplantat

Das Os metatarsale steht für die Wiederherstellung des Kondylus nicht nur als freies, sondern auch als mikrovaskulär reanastomosiertes Transplantat zur Verfügung [[Bond et al. 2004](#), [Hidding et al. 1990](#), [Landa et al. 2003](#)]. Bei letzterem wird das Os metatarsale durch die A. dorsalis pedis und die V. saphena magna versorgt, welche entweder mit der A. thyroidea superior und der V. jugularis externa [[Ting et al. 1985](#)] oder mit der A. facialis und der V. facialis posterior [[Landa et al. 2003](#), [Ozcan et al. 1998](#)] mikrovaskulär reanastomosiert werden (Abbildung 21.b). Hierdurch soll das Transplantat schneller einheilen können [[Bond et al. 2004](#)] sowie die Fähigkeit besitzen, zum einen Struktur und Aufbau histologisch beizubehalten [[Buncke et al. 1967](#)] und zum anderen sich durch die chondro- und osteogene Induktionswirkung des vitalen Knochens der neuen Funktion anzupassen [[Hidding et al. 1990](#)].



**Abbildung 21:** Mikrovaskulär reanastomosiertes Metatarsal-Transplantat (Quelle: Bond SE, Saeed NR, Cussons PD, Watt-Smith SR (2004) Reconstruction of the temporomandibular joint by the transfer of the free vascularised second metatarsal. Br J Oral Maxillofac Surg 42: 241-245, Copyright by Elsevier):

**a** Transplantathebung

**b** Gefäßanatomie des Fußrückens zur Illustration der arteriellen Versorgung des zweiten Mittelfußknochens

Wie bei der freien Transplantation des Os metatarsale ist sowohl die Transplantation des distalen Anteils des Mittelfußknochens [Bond et al. 2004] als auch die Verpflanzung des vollständigen metatarsophalangealen Gelenks [Ting et al. 1985] möglich. Beschränkt sich das Transplantat auf den distalen Anteil des Mittelfußknochens, wird die metatarsophalangeale Verbindung unter Erhalt des Metatarsalknorpels disartikuliert. Die Transplantatlänge beträgt durchschnittlich 6cm [Bond et al. 2004]. Bei Verpflanzung des vollständigen



metatarsophalangealen Gelenks erlaubt die Ausrichtung der Epiphysen in sagittaler und vertikaler Richtung [Vilkki et al. 2002] ein Wachstum in beide Richtungen [Bond et al. 2004, Ting et al. 1985]. Zeigt der ursprünglich dorsale Teil des Transplantats nach posterior, soll die Beweglichkeit des Neokondylus erhöht werden können [Ting et al. 1985].



**Abbildung 22:** Darstellung eines mikrovaskulär reanastomosierten Metatarsal-Transplantates ein Jahr postoperativ mittels 3-dimensional rekonstruierter Computertomographie (CT) (Quelle: Landa LE, Gordon C, Dahar N, Sotereanos GC (2003) Evaluation of long-term stability in second metatarsal reconstruction of the temporomandibular joint. J Oral Maxillofac Surg 61: 65-71, Copyright by Elsevier)



Die Transplantation des Os metatarsale bedingt den Verlust einer Zehe [Bond et al. 2004, Shenaq and Klebuc 1994], dies wird von 75% der Patienten als optisch unbefriedigend empfunden [Landa et al. 2003] (Abbildung 23). Eine Verbindung des intermetatarsalen Ligaments mit den verbliebenen Metatarsalen mittels einem nicht-resorbierbaren Faden kann den Fuß zwar prinzipiell stabilisieren und die Remobilisation des Patienten verbessern, aber die Gefahr der Ausbildung eines Plattfußes nicht sicher vermeiden [Bond et al. 2004].



**Abbildung 23:** Optische bzw. kosmetische Beeinträchtigung am rechten Fuß nach Entnahme des zweiten Os metatarsale (Quelle: Bond SE, Saeed NR, Cussons PD, Watt-Smith SR (2004) Reconstruction of the temporomandibular joint by the transfer of the free vascularised second metatarsal. Br J Oral Maxillofac Surg 42: 241-245, Copyright by Elsevier)

Erneut lassen sich eine als physiologisch bezeichnete Mundöffnung [[Bond et al. 2004](#), [Landa et al. 2003](#), [Ozcan et al. 1998](#), [Ting et al. 1985](#), [Vilkki et al. 2002](#)] sowie vorhandene Pro- und Laterotrusionsbewegungen [[Ting et al. 1985](#)] als einzige postoperative Funktionskriterien finden (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Literaturübersicht zu Indikationen, Ergebnissen, Komplikationen und Entnahmemorbiditäten der gestielten- und mikrovaskulär reanastomosierten Transplantate zum Kondylusersatz**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahme-morbidität
<b><i>Gestieltes Transplantat vom Sternoclavikulargelenk</i></b>							
Korula et al. 1991 [49]	33	Ø 13 (6-22)	Ankylose (n=33)	1,88	Ø max. SKD postop. 2,9cm, minimale Deviation bei der MÖ	9% aufgrund postop. Wundinfektion nicht erfolgreich, folglich bei 6% Entfernung des Neokondylus	3% Pneumothorax, keine signifikante Abnahme der Schultermobilität
<b><i>Mikrovaskulär reanastomosiertes Fibula-Transplantat</i></b>							
Wax et al. 2000 [129]	17	Ø 62 (n. g.)	Tumor (n=17)	3,4	max. SKD präop. 1- 1,6cm, max. SKD postop. 2-4,5cm	11% mit postop. Displacement des Neokondylus aus der Fossa	11% Hauttrans- plantatnekrosen bei Deckung der Ent-nahmestelle

**Tabelle 3 (Fortsetzung 1)**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahme-morbidität
<i>Mikrovaskulär reanastomosiertes Metatarsal-Transplantat</i>							
Dattilo et al. 1986 [12]	1	33	Ankylose (Z. n. bilateraler, nicht therapierter Kondylusfraktur)	0,5	max. SKD präop. 0,4cm, postop. 2,5cm, stabile Position des Neokondylus in der Fossa, normale Mastikation möglich	temporäre Facialisparese, superfizielle Wundinfektion	keine
Ozcan et al. 1998 [83]	1	15	Ankylose	0,33	max. SKD präop. 0,5cm, max. SKD postop. 3,5cm, normale Okklusion	n. g.	keine

**Tabelle 3 (Fortsetzung 2)**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahme-morbidität
Landa et al. 2003 [56]	4	n. g.	Arthritis (n=2), Trauma (n=1), Z. n. Vitek-Kent-Prothese zum kombinierten Fossa-Kondylus- Ersatz (n=1)	12,5	knöcherne Einheilung in allen Fällen radiologisch belegt, Ø max. SKD präop. 1,2cm, Ø max. SKD postop. 4,9cm, keine Druckdolenzen, keine Krepitation, Ø Deviation bei der MÖ 0,4cm in Richtung der operierten Seite, limitierte Laterotrusion	n. g.	75% klagen über ästhetische Beeinträchtigung

**Tabelle 3 (Fortsetzung 3)**

Quelle	Pat.-zahl	Pat.-alter [a]	Indikation	Follow-Up[a]	Ergebnisse	Komplikationen	Entnahme-morbidität
Bond et al. 2004 <a href="#">[6]</a>	5	Ø 40 (14-53)	Arthritis (n=1), degenerative Gelenkerkrankung (n=2), Gorham-Stout-Syndrom (n=1), Z. n. bilateraler Christensen- Prothese zum kombinierten Fossa-Kondylus-Ersatz (n=1)	9,35	Ø max. SKD gut, passende Okklusion	20% Transplantatverlust aufgrund Anastomoseninsuffizienz	1 Plattfuß

## 5 Schlussfolgerungen

- Beim autogenen Kondylusersatz werden die biologische Kompatibilität und die funktionelle Adaptionsfähigkeit des Transplantates als Vorteile gegenüber dem alloplastischen Ersatz hervorgehoben. Allerdings fehlen bis heute Studien, welche die autogene mit der alloplastischen Rekonstruktion direkt miteinander vergleichen.
- Es wird zwischen freien (Rippe, Sternoclavikulargelenk, Beckenkamm, Os metatarsale, Tibia und Skapula), gestielten (Rippe und Sternoclavikulargelenk) und mikrovaskulär reanastomosierten Knochentransplantaten (Fibula, Beckenkamm, Skapula und Os metatarsale) unterschieden.
- Das freie costochondrale Transplantat repräsentiert aufgrund der einfachen Transplantathebung, der geringen Entnahmemorbidität und der Konstanz der postoperativ erzielten, annähernd physiologischen Mundöffnung die am häufigsten dokumentierte Methode des autogenen Kondylusersatzes. Im Kindes- und Jugendalter kann der Neokondylus weiter wachsen und sich an die artikulationsbedingten Belastungen adaptieren. Jedoch gelten das konkrete Ausmaß des Wachstums und die Gefahr einer Ankylosierung als nicht vorhersagbar.
- Bei den gestielten Transplantaten gestaltet sich die Orientierung der Rippe bzw. des Sternoclavikulargelenkes mitunter schwierig und die anfangs vornehmlich durch den Muskelstiel erfolgte Perfusion des Knochens und Knorpels gilt als kritisch.



- Aufgrund der Transplantatlänge und der dualen (endostealen und periostealen) Blutversorgung bieten das mikrovaskulär reanastomosierte Fibula-, Beckenkamm und Skapula-Transplantat die Möglichkeit, ausgedehnte Unterkieferdefekte einschließlich des Kondylus auch im vorgeschädigten Transplantatlager zu rekonstruieren. Auch sie sind nicht ohne Komplikationsrisiko sowohl im Spender- als auch im Empfängerareal. Das mikrovaskulär reanastomosierte Metatarsal-Transplantat ist in erster Linie in den historischen Kontext der bis heute noch nicht abgeschlossenen Entwicklung des mikrovaskulären Gewebetransfers einzuordnen.
- Insgesamt bestimmen Indikation und Ausmaß der Resektion, die qualitative und quantitative Gegebenheiten an der Empfänger- und der Entnahmestelle, Alter des Patienten sowie individuelle Präferenzen des Operateurs die Wahl des Transplantates.

## 6 Zusammenfassung

Für die Wiederherstellung des Kondylus im Rahmen der Korrektur angeborener Anomalien sowie nach exartikulierender Unterkieferresection stehen sowohl Kiefergelenkendoprothesen und Rekonstruktionsplatten mit Gelenkkopf als auch autogene Transplantate zur Verfügung. Hierbei werden die biologische Kompatibilität und die funktionelle Adaptionsfähigkeit des Transplantates als Vorteil des autogenen Ersatzes hervorgehoben.

Beim autogenen Kondylusersatz wird zwischen freien (Rippe, Sternoclavikulargelenk, Beckenkamm, Os metatarsale, Tibia und Skapula), gestielten (Rippe und Sternoclavikulargelenk) und mikrovaskulär reanastomosierten Knochentransplantaten (Fibula, Beckenkamm, Skapula und Os metatarsale) unterschieden.

Das freie costochondrale Transplantat repräsentiert aufgrund der einfachen Transplantathebung, der geringen Entnahmemorbidität und der Konstanz der postoperativ erzielten, annähernd physiologischen Mundöffnung die am häufigsten dokumentierte Methode des autogenen Kondylusersatzes. Im Kindes- und Jugendalter kann der Neokondylus weiter wachsen und sich an die artikulationsbedingten Belastungen adaptieren. Jedoch gilt das konkrete Ausmaß des Wachstums als nicht vorhersagbar. Bei den gestielten Transplantaten gestaltet sich die Orientierung der Rippe bzw. des Sternoclavikulargelenkes mitunter schwierig und die anfangs vornehmlich durch den Muskelstiel erfolgte Perfusion des Knochens und Knorpels gilt als kritisch. Aufgrund der Transplantatlänge und der dualen (endostealen und periostealen) Blutversorgung bieten das mikrovaskulär reanastomosierte Fibula-, Beckenkamm und Skapula-Transplantat die Möglichkeit, ausgedehnte Unterkieferdefekte einschließlich des Kondylus

auch im vorgeschädigten Transplantatlager zu rekonstruieren. Das mikrovaskulär reanastomosierte Metatarsal-Transplantat ist in erster Linie in den historischen Kontext der bis heute noch nicht abgeschlossenen Entwicklung des mikrovaskulären Gewebetransfers einzuordnen.

Insgesamt bestimmen Indikation und Ausmaß der Resektion, die qualitativen und quantitativen Gegebenheiten an der Empfänger- und der Entnahmestelle, Alter des Patienten sowie individuelle Präferenzen des Operators die Wahl des Transplantates.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Appel T, Berge S, Niederhagen B, Reich RH, Berten J (2000) Mandibuläre Hypoplasie - Wachstumsinduktion durch osteochondrale Transplantate oder Kallusdistraction. Mund Kiefer Gesichtschir 4: 428-431
2. Arrington ED, Smith WJ, Chambers HG, Bucknell AL, Davino NA (1996) Complications of iliac crest bone graft harvesting. Clin Orthop Relat Res 329: 300-309
3. Baek RM, Song YT (2006) Overgrowth of a costochondral graft in reconstruction of the temporomandibular joint. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 40: 179-185
4. Bell M, Barron P (1981) The rib-pectoralis major osteomusculocutaneous flap. Ann Plast Surg 6: 347-353
5. Biller HF, Krespi YP, Lawson W, Baek SM (1980) A one-stage flap reconstruction following resection for stomal recurrence. Otolaryngol Head Neck Surg 88: 357-360
6. Bond SE, Saeed NR, Cussons PD, Watt-Smith SR (2004) Reconstruction of the temporomandibular joint by the transfer of the free vascularised second metatarsal. Br J Oral Maxillofac Surg 42: 241-245

7. Buncke HJ Jr, Daniller AI, Schulz WP, Chase RA (1967) The fate of autogenous whole joints transplanted by microvascular anastomoses. *Plast Reconstr Surg* 39: 333-341
8. Caccamese J-FJ, Ruiz RL, Costello BJ (2005) Costochondral rib grafting. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 13: 139-149
9. Crawley WA, Serletti JM, Manson PN (1993) Autogenous reconstruction of the temporomandibular joint. *J Craniofac Surg* 4: 28-34
10. Cuono C, Ariyan S (1980) Immediate reconstruction of a composite mandibular defect with a regional osteomusculocutaneous flap. *Plast Reconstr Surg* 65: 477-484
11. Daniels S, Ellis E, Carlson DS (1987) Histologic analysis of costochondral and sternoclavicular grafts in the TMJ of the juvenile monkey. *J Oral Maxillofac Surg* 45: 675-683
12. Dattilo DJ, Granick MS, Soteranos GS (1986) Free vascularized whole joint transplant for reconstruction of the temporomandibular joint: a preliminary case report. *J Oral Maxillofac Surg* 44: 227-229
13. Dingman RO, Grabb WC (1964) Reconstruction of both mandibular condyles with metatarsal bone grafts. *Plast Reconstr Surg* 34: 441-451

14. Dingman RO, Grabb WC (1966) Intracapsular temporomandibular joint arthroplasty. *Plast Reconstr Surg* 38: 179-185
15. Dingman RO (1971) Reconstruction of both mandibular condyles with metatarsal bone grafts. *Plast Reconstr Surg* 47: 594.
16. Dodson TB (1997) Donor Site Morbidity. In: Kaban LB (ed) *Complications in oral and maxillofacial surgery*. Saunders, Philadelphia London, pp 105-119
17. Driemel O, Ach T, Müller-Richter UD, Behr M, Reichert TE, Kunkel M, Reich R (2009a) Historical development of alloplastic temporomandibular joint replacement before 1945. *Int J Oral Maxillofac Surg* 38: 301-307
18. Driemel O, Braun S, Müller-Richter UD, Behr M, Reichert TE, Kunkel M, Reich R (2009b) Historical development of alloplastic temporomandibular joint replacement after 1945 and state of the art. *Int J Oral Maxillofac Surg* [Epub ahead of print]
19. Ellis E, Carlson DS (1986) Histologic comparison of the costochondral, sternoclavicular, and temporomandibular joints during growth in *Macaca mulatta*. *J Oral Maxillofac Surg* 44: 312-321
20. El Sayed KM (2008) Temporomandibular joint reconstruction with costochondral graft using modified approach. *Int J Oral Maxillofac Surg* 37: 897-902

21. Entin MA (1958) Reconstruction in congenital deformity of the temporo-mandibular component. *Plast Reconstr Surg* 21: 461-469
22. Entin MA (1962) Experimental and clinical transplantation of autogenous whole joints. *J Bone Joint Surg Am* 44: 1518-1536
23. Farmand M (1988) Die Unterkieferrekonstruktion. *Swiss Dent* 9: 7-26
24. Farmand M, Hirschfelder U, Müssig D (1994) Die Rekonstruktion des lateralen Gesichtes bei Kindern. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 39: 146-149
25. Ferri J, Piot B, Ruhin B, Mercier J (1997) Advantages and limitations of the fibula free flap in mandibular reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg* 55: 440-448
26. Figueroa AA, Gans BJ, Pruzansky S (1984) Long-term follow-up of a mandibular costochondral graft. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 58: 257-268
27. Freihofer HP, Perko MA (1976) Simultaneous reconstruction of the area of the temporo-mandibular joint including the ramus of the mandible in a posttraumatic case: a case report. *J Maxillofac Surg* 4: 124-128
28. Fries R, Wepner F (1976) Zum autoplastischen Ersatz des Unterkiefers nach Halbseitenresektion. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 20: 38-41
29. Gillies HD (1920) Bone-grafting to the mandible. In: Gillies HD (ed) *Plastic Surgery of the Face*. Oxford University Press, London, pp 177-189



30. Glahn M, Winther JE (1967) Metatarsal transplants as replacement for lost mandibular condyle (3 years' follow up). Scand J Plast Reconstr Surg 1: 97-100
31. Guyot L, Richard O, Layoun W, Cheynet F, Bellot-Samson V, Chossegros C, Blanc JL, Gola R (2004) Long-term radiological findings following reconstruction of the condyle with fibular free flaps. J Craniomaxillofac Surg 32: 98-102
32. Guyuron B, Lasa C-II (1992) Unpredictable growth pattern of costochondral graft. Plast Reconstr Surg 90: 880-886
33. Hamada Y, Kondoh T, Takada N, Seto K (2000) MRI and arthroscopic findings in the temporomandibular joint after mandibulectomy including the unilateral condyle. Int J Oral Maxillofac Surg 29: 341-343
34. Henning TB, Ellis E, Carlson DS (1992) Growth of the mandible following replacement of the mandibular condyle with the sternal end of the clavicle: an experimental investigation in Macaca mulatta. J Oral Maxillofac Surg 50: 1196-206
35. Hidalgo DA (1994) Fibula free flap mandibular reconstruction. Clin Plast Surg 21: 25-35
36. Hidding J, Habel JG, Becker R (1990) Kiefergelenkersatz durch ein mikrovaskular reanastomosiertes Mittelfussknochen-Transplantat. Fortschr Kiefer Gesichtschir 35: 25-27

37. Ho LC, Bailey BN, Sykes PJ (1974) Composite reconstruction of the mandible and temporomandibular joint, following hemimandibulectomy. *Plast Reconstr Surg* 53: 414-420
38. Hollmann K, Millesi W, Hoffmann D (1986) Frühkindliches Kiefergelenkstrauma: Folgen und Behandlung. *Z Stomatol* 83: 389-399
39. Hunsuck EE (1969) Autogenous grafts for replacing temporomandibular joints and mandibular condyles in rhesus monkeys. *J Oral Surg* 27: 167-173
40. Hyckel P, Erler U, Müller P (1991) Die unilaterale Hyperplasie des Kiefergelenkkopfes. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 15: 42-50
41. Iconomou TG, Zuker RM, Phillips JH (1999) Mandibular reconstruction in children using the vascularized fibula. *J Reconstr Microsurg* 15: 83-90
42. James DR, Irvine GH (1983) Autogenous rib grafts in maxillofacial surgery. *J Maxillofac Surg* 11: 201-203
43. Jones NF, Sommerlad BC (1983) Reconstruction of the zygoma, temporomandibular joint and mandible using a compound pectoralis major osteo-muscular flap. *Br J Plast Surg* 36: 491-497
44. Kaban LB, Perrott DH (1992) Unpredictable growth pattern of costochondral graft. *Plast Reconstr Surg* 90: 887-889

45. Kashi A, Saha S, Christensen RW (2006) Temporomandibular joint disorders: artificial joint replacements and future research needs. *J Long Term Eff Med Implants* 16: 459-474
46. Kiehn CL, DesPrez JD, Converse CF (1974) A new procedure for total temporomandibular joint replacement. *Plast Reconstr Surg* 53: 221-226
47. Klotch DW, Lindqvist C, Schusterman M, Prein J (1998) Reconstructive tumor surgery in the mandible. In: Prein J (ed) *Manual of internal fixation in the cranio-facial skeleton*. Springer, Berlin, pp 155-184
48. Ko EW, Huang CS, Chen YR (1999) Temporomandibular joint reconstruction in children using costochondral grafts. *J Oral Maxillofac Surg* 57: 789-798
49. Korula P, Ramchandra NE, Dhanaraj P (1991) Temporomandibular arthroplasty by pedicled transfer of the sternoclavicular joint - a simplified technique. *Br J Plast Surg* 44: 410-414
50. Krüger E (1993) Erkrankungen des Kiefergelenks. In: Krüger E (Hrsg) *Lehrbuch der chirurgischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Band 2*. Quintessenz, Berlin Chicago, S 39
51. Kryshtalskyj B (1990) Total prosthetic joint replacement for the end-stage of TMJ disease. *Ont Dent* 67: 25-29

52. Kummoona R (1986) Chondro-osseous iliac crest graft for one stage reconstruction of the ankylosed TMJ in children. J Maxillofac Surg 14: 215-220
53. Kuttenger JJ, Farmand M, Stoss H (1992) Recurrence of a solitary bone cyst of the mandibular condyle in a bone graft. A case report. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 74: 550-556
54. Lahti A, Sundell B (1973) Reconstruction of the mandibular bone and the condyle after tumour surgery. Ann Chir Gynaecol Fenn 62: 155-160
55. Lam KH, Wei WI, Siu KF (1984) The pectoralis major osteomusculocutaneous flap for mandibular reconstruction. Plast Reconstr Surg 73: 904-910
56. Landa LE, Gordon C, Dahar N, Sotereanos GC (2003) Evaluation of long-term stability in second metatarsal reconstruction of the temporomandibular joint. J Oral Maxillofac Surg 61: 65-71
57. Laurie SW, Kaban LB, Mulliken JB, Murray JE (1984) Donor-site morbidity after harvesting rib and iliac bone. Plast Reconstr Surg 73: 933-938
58. Lindqvist C, Pihakari A, Tasanen A, Hampf G (1986) Autogenous costochondral grafts in temporo-mandibular joint arthroplasty. A survey of 66 arthroplasties in 60 patients. J Maxillofac Surg 14: 143-149

59. Lindqvist C, Jokinen J, Paukku P, Tasanen A (1988) Adaptation of autogenous costochondral grafts used for temporomandibular joint reconstruction: a long-term clinical and radiologic follow-up. *J Oral Maxillofac Surg* 46: 465-470
60. Link JO, Hoffman DC, Laskin DM (1993) Hyperplasia of a costochondral graft in an adult. *J Oral Maxillofac Surg* 51: 1392-1394
61. Longacre JJ, Gilby RF (1951) The use of autogenous cartilage graft in arthroplasty for true ankylosis of temporomandibular joint. *Plast Reconstr Surg* 7: 271-287
62. MacIntosh RB, Henny FA (1977) A spectrum of application of autogenous costochondral grafts. *J Maxillofac Surg* 5: 257-267
63. MacIntosh RB (1985) Current spectrum of costochondral grafting. In: Bell WH (ed) *Surgical Correction of Dentofacial Deformities: New Concepts*, Vol 3. Saunders, Philadelphia London, pp 355-410
64. MacIntosh RB (1990) The indications and techniques for autologous temporomandibular joint replacement. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 35: 168-171
65. MacIntosh RB (1992) Difficulties and Complications with Costochondral and Dermal Grafts. In: Bell WK (ed) *Modern Practise in Orthognatic and Reconstructive Surgery*. Saunders, Philadelphia London, pp 873-921

66. MacIntosh RB (1994) The Case for Autogenous Reconstruction of the Adult Temporomandibular Joint. In: Worthington P (ed) Controversies in Oral and Maxillofacial Surgery. Saunders, Philadelphia London, pp 356-380
67. Manchester WM (1965) Immediate reconstruction of the mandible and temporomandibular joint. Br J Plast Surg 18: 291-303
68. Matsuura H, Miyamoto H, Ishimaru JI, Kurita K, Goss AN (2001) Effect of partial immobilization on reconstruction of ankylosis of the temporomandibular joint with an autogenous costochondral graft: an experimental study in sheep. Br J Oral Maxillofac Surg 39: 196-203
69. Matukas VJ, Szymela VF, Schmidt JF (1980) Surgical treatment of bony ankylosis in a child using a composite cartilage-bone iliac crest graft. J Oral Surg 38: 903-905
70. McBride KL (1994) Total temporomandibular joint reconstruction. In: Worthington P and Evans JR (eds) Controversies in oral & maxillofacial surgery. Saunders, Philadelphia London, pp 381-396
71. Medra AM (2005) Follow up of mandibular costochondral grafts after release of ankylosis of the temporomandibular joints. Br J Oral Maxillofac Surg 43: 118-122



72. Meier JK, Staudenmaier R, Kleinsasser N, Reichert TE, Driemel O (2007) Vor- und Nachteile der Kiefergelenkrekonstruktion mittels einer metallischen Kondylenplatte. HNO 55: 33-39
73. Mercuri LG (1998) Alloplastic temporomandibular joint reconstruction. Oral Surg Oral Med Oral Path 85: 631-637
74. Mercuri LG (2000) The use of alloplastic prostheses for temporomandibular joint reconstruction. J Oral Maxillofac Surg 58: 70-75
75. Mercuri LG (2006) Total Joint Reconstruction - Autologous or Alloplastic. In: Indresano AT (ed) Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America. Saunders, Philadelphia London, pp 399-410
76. Michel C, Reuther J, Meier J, Eckstein T (1994) Die Differentialindikation mikrochirurgischer und freier autogener Knochentransplantate zur Rekonstruktion des Unterkiefers. Fortschr Kiefer Gesichtschir 39: 96-100
77. Munro IR (1980) One-stage reconstruction of the temporomandibular joint in hemifacial microsomia. Plast Reconstr Surg 66: 699-710
78. Munro IR, Chen YR, Park BY (1986) Simultaneous total correction of temporomandibular ankylosis and facial asymmetry. Plast Reconstr Surg 77: 517-529

79. Müßig D, Hirschfelder U, Farmand M, Fleischer-Peters A (1994) Diagnostik und Behandlung von angeborenen Gesichtasymmetrien im Kindesalter. Eine klinische Studie. Fortschr Kieferorthop 55: 70-76
80. Nelson CL, Buttrum JD (1989) Costochondral grafting for posttraumatic temporomandibular joint reconstruction: a review of six cases. J Oral Maxillofac Surg 47: 1030-1036
81. Obeid G, Guttenberg SA, Connole PW (1988) Costochondral grafting in condylar replacement and mandibular reconstruction. J Oral Maxillofac Surg 46: 177-182
82. Ordnung R, Reuther J, Michel C, Pistner H, Eckstein T (1994) Die Problematik der Kiefergelenkrekonstruktion mit freien Knochentransplantaten von der Rippe und vom Beckenkamm. Fortschr Kiefer Gesichtschir 39: 156-160
83. Ozcan M, Akin S, Ozbek S, Kahveci R, Safak E, Karacalar A (1998) Temporomandibular joint reconstruction with free microvascular transfer of the metatarsophalangeal joint: a case report. Microsurgery 18: 152-155
84. Pape HD, Koberg W (1968) Funktion des Restkiefers nach Unterkieferresektion. In: Schuchhardt K (Hrsg) Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie, Bd 13. Thieme, Stuttgart, S 222-227

85. Peltomaki T, Quevedo LA, Jeldes G, Ronning O (2002) Histology of surgically removed overgrown osteochondral rib grafts. *J Craniomaxillofac Surg* 30: 355-360
86. Pensler JM, Christopher RD, Bewyer DC (1993) Correction of micrognathia with ankylosis of the temporomandibular joint in childhood. *Plast Reconstr Surg* 91: 799-805
87. Perrott DH, Umeda H, Kaban LB (1994) Costochondral graft construction/reconstruction of the ramus/condyle unit: long-term follow-up. *Int J Oral Maxillofac Surg* 23: 321-328
88. Politis C, Fossion E, Bossuyt M (1987) The use of costochondral grafts in arthroplasty of the temporomandibular joint. *J Craniomaxillofac Surg* 15: 345-354
89. Posnick JC, Goldstein JA (1993) Surgical management of temporomandibular joint ankylosis in the pediatric population. *Plast Reconstr Surg* 91: 791-798
90. Poswillo D (1974) Experimental reconstruction of the mandibular joint. *Int J Oral Surg* 3: 400-411
91. Quinn PD (1997) Autogenous and Alloplastic Reconstruction of the Temporomandibular Joint. In: Quinn PD (ed) *Color Atlas of Temporomandibular Joint Surgery*. Mosby, London, pp 170-177
92. Quinn PD (1998) *Color Atlas of Temporomandibular Joint Surgery*. Mosby, London, p 170

93. Ramil-Novo VM, Garcia AG, Berini-Aytes L, Escoda CG (1999) Surgical reconstruction of TMJ. Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol 41: 39-47
94. Reich R, Berten JL (1991a) Zur Frage der Wachstumsinduktion durch Kondylusrekonstruktion beim Kind. Fortschr Kieferorthop 52: 40-43
95. Reich R (1991b) Zur Indikation der Kondylusrekonstruktion bei kindlichen Kiefergelenkfrakturen. Dtsch Zahnärztl Z 46: 60-62
96. Reich R (1995) Kiefergelenkchirurgie. In: Kirschner M, Heberer G, Pichlmayr R, Hausamen JE, Machtens E, Reuther J (Hrsg) Kirschnersche allgemeine und spezielle Operationslehre, Bd II, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Springer, Berlin, S 181-210
97. Reich R (2000) Konservative und chirurgische Behandlungsmöglichkeiten bei Kiefergelenkserkrankungen. Mund Kiefer Gesichtschir 4: 392-400
98. Rehrmann A (1967) Eine Methode zur operativen Beseitigung der doppelseitigen Ankylose der Kiefergelenke durch breite Knochenresektion, temporäre Implantation von Palavitkörpern und autogene Knochentransplantation. Fortschr Kiefer Gesichtschir 12: 64-71
99. Ross RB (1999) Costochondral grafts replacing the mandibular condyle. Cleft Palate Craniofac J 36: 334-339

100. Saeed N, Hensher R, McLeod N, Kent J (2002) Reconstruction of the temporomandibular joint autogenous compared with alloplastic. Br J Oral Maxillofac Surg 40: 296-299
101. Samman N, Cheung LK, Tideman H (1995) Overgrowth of a costochondral graft in an adult male. Int J Oral Maxillofac Surg 24: 333-335
102. Sarnat BG (1966) Developmental facial abnormalities and the temporomandibular joint. Dent Clin North Am Nov: 587-600
103. Schmoker R, Allmen G von, Tschopp HM (1981) Der künstliche Ersatz des Kiefergelenks. SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 91: 222-223
104. Schneider PE, Zide MF (1984) Rib implant for mandibular ankylosis in a five-year-old child: clinical report. Pediatr Dent 6: 259-263
105. Schüle H (1977) Rekonstruktive Eingriffe am Kiefergelenk im Rahmen der oralen Rehabilitation. Dtsch Zahnärztl Z 32: 143-145
106. Schüle H (1987) Funktionelle und ästhetische Rekonstruktion nach Kiefergelenkresektion. Fortschr Kiefer Gesichtschir 23: 136-139
107. Schwenzer N, Ehrenfeld M (2002) Plastische und wiederherstellende Operationen im Bereich des Gesichtsskeletts. In: Schwenzer N, Ehrenfeld M (eds) Spezielle Chirurgie. Thieme, Stuttgart New York, S 409-412

108. Seymour RL, Bray TE, Irby WB (1977) Replacement of condylar process. J Oral Surg 35: 405-408
109. Shenag SM, Klebuc MJ (1994) TMJ reconstruction during vascularized bone graft transfer to the mandible. Microsurgery 15: 299-304
110. Siavosh S, Ali M (2007) Overgrowth of a costochondral graft in a case of temporomandibular joint ankylosis. J Craniofac Surg 18: 1488-1491
111. Sieg P, Zieron JO, Bierwolf S, Hakim SG (2002) Defect-related variations in mandibular reconstruction using fibula grafts. A review of 96 cases. Br J Oral Maxillofac Surg 40: 322-329
112. Siemssen SO, Snyder CC, Benson AK, Slater PV (1971) Construction of the temporomandibular joint by transplanting the autogenous sternoclavicular joint. South Med J 64: 807-814
113. Siemssen SO (1982) Temporomandibular arthroplasty by transfer of the sternoclavicular joint on a muscle pedicle. Br J Plast Surg 35: 225-238
114. Skouteris CA, Sotereanos GC (1989) Donor site morbidity following harvesting of autogenous rib grafts. J Oral Maxillofac Surg 47: 808-812
115. Snyder CC, Benson AK, Slater PV (1971a) Construction of the temporomandibular joint by transplanting the autogenous sternoclavicular joint. South Med J 64: 807-814



116. Snyder CC, Levine GA, Dingman DL (1971b) Trial of a sternoclavicular whole joint graft as a substitute for the temporomandibular joint. *Plast Reconstr Surg* 48: 447-452
117. Stuteville OH, Lanfranchi RP (1955) Surgical reconstruction of the temporomandibular joint. *Am J Surg* 90: 940-950
118. Svensson B, Adell R (1998) Costochondral grafts to replace mandibular condyles in juvenile chronic arthritis patients: long-term effects on facial growth. *J Craniomaxillofac Surg* 26: 275-285
119. Tasanen A, Leikomaa H (1977) Ankylosis of the temporomandibular joint of a child. Report of a case. *Int J Oral Surg* 6: 95-99
120. Ting ZS, Chang TS, Wang TC, Wang W, Feng SZ (1985) Vascular metatarsophalangeal to ankylosed temporomandibular joint replacement. *Ann Plast Surg* 15: 497-500
121. Tompach P, Dodson TB, Kaban LB (2000) Autogenous Temporomandibular Joint Replacement. In: Fonseca R (ed) *Oral and Maxillofacial Surgery. Temporomandibular Disorders*. Saunders, Philadelphia London, pp 301-315
122. Trauner R (1973) Die freie Knochentransplantation. In: Trauner R (ed) *Kiefer- und Gesichtschirurgie*. Urban und Schwarzenberg, München, S 598-606

123. Troulis MJ, Williams WB, Kaban LB (2004) Endoscopic mandibular condylectomy and reconstruction: early clinical results. *J Oral Maxillofac Surg* 62: 460-465
124. Troulis MJ, Tayebaty FT, Papadaki M, Williams WB, Kaban LB (2008) Condylectomy and costochondral graft reconstruction for treatment of active idiopathic condylar resorption. *J Oral Maxillofac Surg* 66: 65-72
125. Urken ML, Biller HF (1995) Regional Flaps, Muscle and Musculocutaneous Flaps. In: Urken ML, Biller HF (eds) *Atlas of Regional and Free Flaps for Head and Neck Reconstruction*. Raven Press, New York, pp 3-115
126. Vilkki SK, Hukki J, Nietosvaara Y, Hurmerinta K, Suominen E (2002) Microvascular temporomandibular joint and mandibular ramus reconstruction in hemifacial microsomia. *J Craniofac Surg* 13: 809-815
127. Ware WH, Brown SL (1981) Growth centre transplantation to replace mandibular condyles. *J Maxillofac Surg* 9: 50-58
128. Watson DE (1990) Condylar replacement with a metatarsal bone implant. Case report. *Aust Dent J* 35: 362-363
129. Wax MK, Winslow CP, Hansen J, MacKenzie D, Cohen J, Andersen P, Albert T (2000) A retrospective analysis of temporomandibular joint reconstruction with free fibula microvascular flap. *Laryngoscope* 110: 977-981

130. Westermarck AH, Koppel D, Leiggener C (2006) Condylar replacement alone is not sufficient for prosthetic reconstruction of the temporomandibular joint. Int J Oral Maxillofac Surg 30: 1-5
131. Wolford LM, Cottrell DA, Henry C (1994) Sternoclavicular grafts for temporomandibular joint reconstruction. J Oral Maxillofac Surg 52: 119-128
132. Younger EM, Chapman MW (1989) Morbidity at bone graft donor sites. J Orthop Trauma 3: 192-195

## **Danksagung**

An dieser Stelle danke ich allen die durch ihre Hilfe und Unterstützung das Zustandekommen dieser Arbeit ermöglicht haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Oliver Driemel, Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie für die Überlassung des Themas, das zur Verfügung gestellte Bildmaterial, sowie die Unterstützung und konstruktive Kritik bei der Erstellung der Arbeit.

Herrn Dr. rer. nat. Helge Knüttel, Fachreferent der Teilbibliothek Medizin der Universität Regensburg, danke ich herzlich für sein Entgegenkommen und seine Unterstützung bei der Literaturrecherche und Datenverwaltung. Sein engagierter Einsatz war mir eine große Hilfe.

Herrn Prof. Dr. med Dr. med. dent. Rudolf Reich, Direktor der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, danke ich für seine, auf langjähriger Erfahrung im Bereich des Kiefergelenkersatzes basierenden, wertvollen Anregungen.

Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Mostafa Farmand, Chefarzt der Klinik für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie des Klinikums Nürnberg Süd, danke ich für die Durchsicht der Arbeit, die konstruktiven Korrekturvorschläge sowie die Überlassung wertvollen Bildmaterials.

Für das Korrekturlesen bei der Erstellung des Manuskriptes bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Bernhard Frerich, Direktor der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Universität Rostock, sowie Herrn Dr. med. Dr. med. dent. Urs Müller- Richter, Oberarzt der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

Nicht zu vergessen in meiner Danksagung sind die Herren Dr. med. Johannes Meier und Dr. med. dent. Stefan Braun die mit anregenden Diskussionen in der Arbeitsgruppe mir eine zuverlässige und freundschaftliche Unterstützung waren. Abschließend gilt mein Dank Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Carl Peter Cornelius (Klinikum der Ludwig-Maximilian-Universität München) für die Überlassung wertvollen Bildmaterials, welches die vorliegende Arbeit nicht nur abwechslungsreicher, sondern auch erheblich anschaulicher gestalten ließ.

## **Lebenslauf - Alexander Beck**

15.06.1981	geboren in Landshut (Bayern) als  Sohn von Ilse und Walter Beck
1987-1991	Besuch der Grundschule Carl Orff  in Landshut
1991-1992	Besuch der Hauptschule St. Nikola in Landshut
1992-2001	Besuch des Maristengymnasiums Furth bei Landshut (naturwissenschaftlicher Zweig)
2001	Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife
2001-2002	Ableistung des Zivildienstes im Klinikum Landshut, OP
2002	Aufnahme des Studiums der Zahnmedizin an der Universität Regensburg zum Wintersemester 2002/03
2005	Zahnärztliche Vorprüfung
2008	Zahnärztliche Prüfung, Gesamtnote »sehr gut«
09.08.2008	Approbation als Zahnarzt
Seit 01.09.2008	Zahnärztlicher Vorbereitungsassistent in der Praxis  Dr. med. dent. Maximilian Kreps, Ergoldsbach





